#13

ISSN 0388—841 X

BULLETIN
OF THE
NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 13

6059

# 南西海区水産研究所研究報告

第 13 号



昭和 56 年 3 月

南西海区水産研究所

広　島

NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
FISHERIES AGENCY
HIROSHIMA, JAPAN

March 1981

南西海区水産研究所研究報告
第 13 号

# 目 次



## 学会誌等掲載論文抄録

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 1～8 (1981)

# チダイの幼期の形態と鱗の初期発生について

福 原　修・伏 見　徹*

# Observations of Morphology and Squamation in *Evynnis japonica* TANAKA (Sparidae) Reared in the Laboratory

Osamu FUKUHARA and Toru FUSHIMI*

Larvae of the sparid fish, *Evynnis japonica* TANAKA, were reared under laboratory conditions in order to observe morphological features including squamation.

Cultured rotifers, *Brachionus plicatilis*, were fed during the initial larval stage. For older larvae wild copepods were given as food organisms. Larval rearing was performed at Hiroshima Prefectural Fisheries Experimental Station during a period from September to November, 1978. Water temperature in the rearing tank varied from 22.6 to 9.6°C.

Observations of morphology and squamation were performed for 220 specimens after Alizarin staining. The transformation from the post-larva to juvenile stage occurred when the fish attained a size of about 9.0 mm in standard length.

Scales first appeared on the central portion of the body surface at a length of 7.1 to 8.1 mm SL and completely covered the body at the range of about 13.0 to 14.5 mm SL.

チダイ *Evynnis japonica* TANAKA の卵発生および仔魚期の形態についてはすでに岸上[1]，神谷[2]，水戸[3] らの報告がある。また稚魚期については天然標本について庄島[4] が記載しているが，後期仔魚および稚魚期の一部については明らかにされていない。今回，種苗生産過程で得た標本を用いてこれらの形態と鰭，鱗の発達などについて観察したので報告する。

稿を草するにあたり本研究の機会を与えられ，校閲の労をとられた増殖部第二研究室野上和彦室長および増殖部長斉藤雄之助博士に感謝の意を表する。また英文の校閲をしていただいた Thomas B. McCormick III 氏に感謝します。

## 材料および方法

供試魚は1978年10月から11月の間広島県水産試験場において，養成親魚の自然産出卵を採集し飼育して得た。飼育期間中の水温は22.6～9.6℃である。標本の観察は一般的な外部形態と鰭の分化および鱗の形成開始から完成までの経過についてアリザリン染色の後行った。鰭および鱗の観察方法は福原[5)~7)] が他のタイ科魚類で行ったものと同様である。

## 結果および考察

供試した稚仔魚はすべて10%ホルマリン固定標本である。したがってその大きさは生標本と比較するとマダイの観察例[8)] から推定して標本の大きさにより1～15%程度の収縮があると考えられる。また本報においては標本の長さはすべて標準体長（体長）で示した。既往の知見との比較を容易にするため Fig. 1 に今回の飼育標本による全長と体長との関係を示した。また天然標本による観察例[9)] も併せて示したが，両者の間に全長体長関係の差異はほとんど認められない。

1980年9月30日受理，南西海区水産研究所業績　第101号
*広島県水産試験場（Hiroshima Prefectural Fisheries Experimental Station）

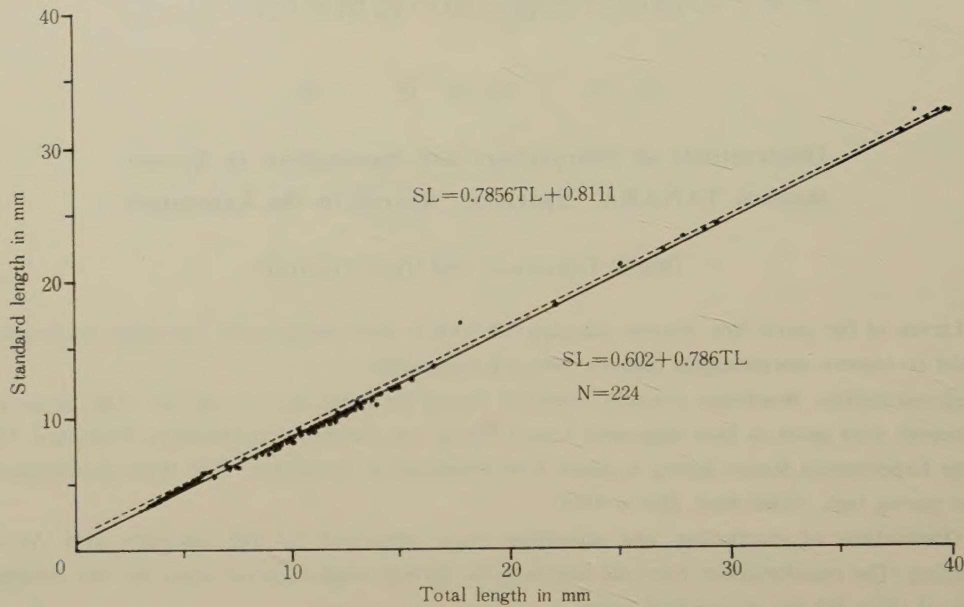



Fig. 1 *Evynnis japonica.* Relationship between standard length and total length in the reared specimens. Broken line shows the relationship in wild fish.

稚仔魚期の形態変化（Fig. 2, A～G；plate 1, A～J.）

前期仔魚に関して，ふ化仔魚は水戸[3] によると全長約2.0㎜，4.5日で卵黄および油球をほぼ吸収し口が開く。後期仔魚以後の形態について Fig. 2 および plate 1 を参照しながらその特徴を記載する。

A，黒色素胞は体側背面には認められず，頭頂部，腹腔部，体側腹面に十数胞認められる。筋肉節数は25。

B，頭部の比率が大きいのが目立つ。黒色素胞は少なく尾柄の背腹両面，直腸周辺，耳胞周辺に認められる。脊索は末端部が上屈し，尾下骨の形成が始まる。また背鰭，臀鰭の基底部が出現し，尾鰭々条原基が認められる。肛門直前の仔魚膜はわずかに残存している。

C，黒色素胞は尾柄部背腹両縁と腹腔部に多い。頭頂部，各不対鰭基底にも数胞ある。尾鰭々条の一部はすでに分節し，背鰭，臀鰭に鰭条原基が認められる。脊索末端部は突出している。仔魚膜は外縁が変化し，尾柄部で狭い。鼻孔および鰓条 6 本が認められ，ウチワ状の腹鰭が出現してくる。

D，黒色素胞の分布に大きな変化はない。各鰭の分化が進み，鰭条が形成されるが未だ定数に達していない。尾鰭は截形を呈するが未だ背鰭，臀鰭と連続している。突出した脊索末端部は未だ痕跡的に残存している（plate 1, A)。尾部体側中央よりやや上部に 1 列の黒色素胞が出現する。体長 7.0㎜ 以上の個体はほとんど脊椎骨数24となる。

E，頭頂部および腹腔部に黒色素胞が多い（plate 1, B)。各鰭は定数に達し，不対鰭は棘，軟条が分化するが，対鰭はやや遅い。鼻孔は 2 個になる。尾鰭は湾入形を呈する。

F，黒色素胞は頭頂部，背鰭棘，軟条部，尾柄部で数を増し，それぞれ群を成す（plate 1, C, D)。尾部体側中央に平行した 2 本の色素胞が認められる（plate 1, E)。

G，黒色素胞は体側の 5 ケ所に群がっている。軀幹部ではやや不明瞭。尾柄部では腹面の色素胞と連なっている。体側の 5 横帯は体長20.0～25.0㎜頃が比較的明瞭である（plate 1, F, G, H)。成長に伴い次第にうすくなる（同， I )。

H，体側に出現していた横帯はほとんど目立たない。体側全面に鱗列に沿って多くの小黒胞が分布し，体側上半部でやや多い（plate 1, J)。

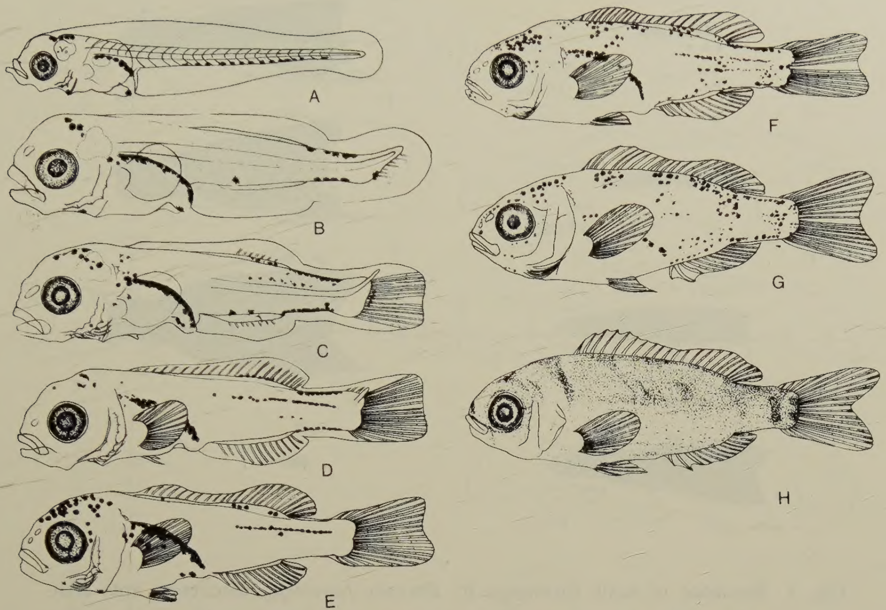



Fig. 2 Developmental stages of *Evynnis japonica* reared in the laboratory. A. 3.9 mm SL ; B. 5.8 mm SL ; C. 6.7 mm SL ; D. 8.5 mm SL ; E. 9.5 mm SL ; F. 13.6 mm SL ; G. 17.8 mm SL ; H. 35.0 mm SL.

鱗の発生（Fig. 3, A～G.）

本種の鱗の初期発生に関しては，岸上が長約三分の時に鱗を生じ始めと記載しているのに対して，庄島は全長14.5㎜では鱗はまだなくて，全長16.5㎜で体側の1部にはすでに鱗があると述べ，両者の間には鱗の初期発生に関してかなりの体長差がある。今回のアリザリン染色により観察した鱗の出現開始から体側全面を覆うまでの経過を便宜的に Stage AからGに区分し模式的に示したのが Fig. 3 である。それぞれの発生段階は次のように特徴づけられる。

*Stage A*, 躯幹部と尾部の境，躯幹後端，尾部前端域に数個の鱗が1列認められる。外縁は明瞭であるが，アリザリンによる染紅度は弱い。不対鰭は互に尾柄でわずかに連続した段階にある。

*Stage B*, 鱗域は前後の方向によく広がり，前端は背鰭基部前方下，後端は尾柄前縁に達する。鱗域の中央部では2～3鱗列認められる。

*Stage C*, 鱗列は中央部で6列となり，鱗域前端は鰓蓋に達し，後端は尾柄部中央にある。中央の鱗の小棘がよく発達してくる。

*Stage D*, 鱗列は中央で11～12となり，有棘鱗9列。腹鰭前方に数個の鱗が新しく出現する。鱗域は体側の約半分を覆う。

*Stage E*, 鱗域の後端は尾鰭基底に達し，体側の⅔以上に鱗が出現する。前期に出現した鱗は更にその範囲を広げる。

*Stage F*, 鱗の出現していない部分は，背鰭，臀鰭の基底と腹鰭前方から出現した鱗との隣接域だけとなる。

*Stage G*, 体側全面が鱗で覆われる。成長に伴い更に鱗域は各対鰭の膜状部にまで及ぶ。

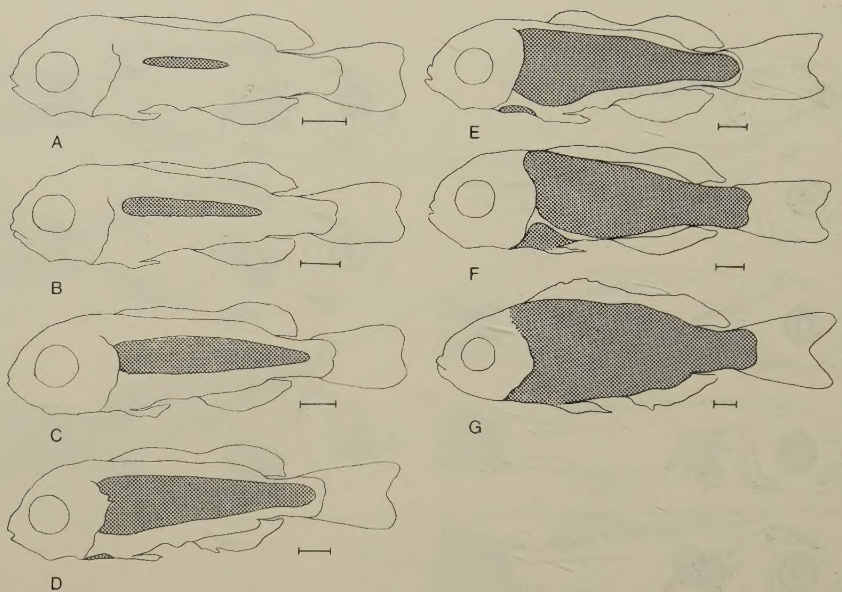



Fig. 3 Sequence of scale formation in *Evynnis japonica*. Blackened area indicates scale occurrence. Drawings are semidiagrammatic. Scale denote 1.0 mm.

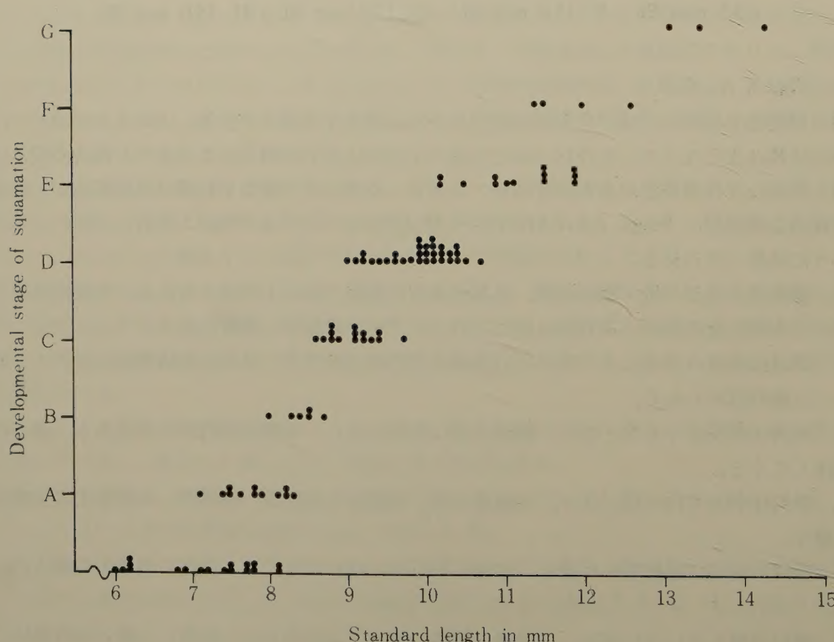



Fig. 4 *Evynnis japonica*. Developmental stages of squamation plotted against standard length. Each stage is shown in Figure 3.

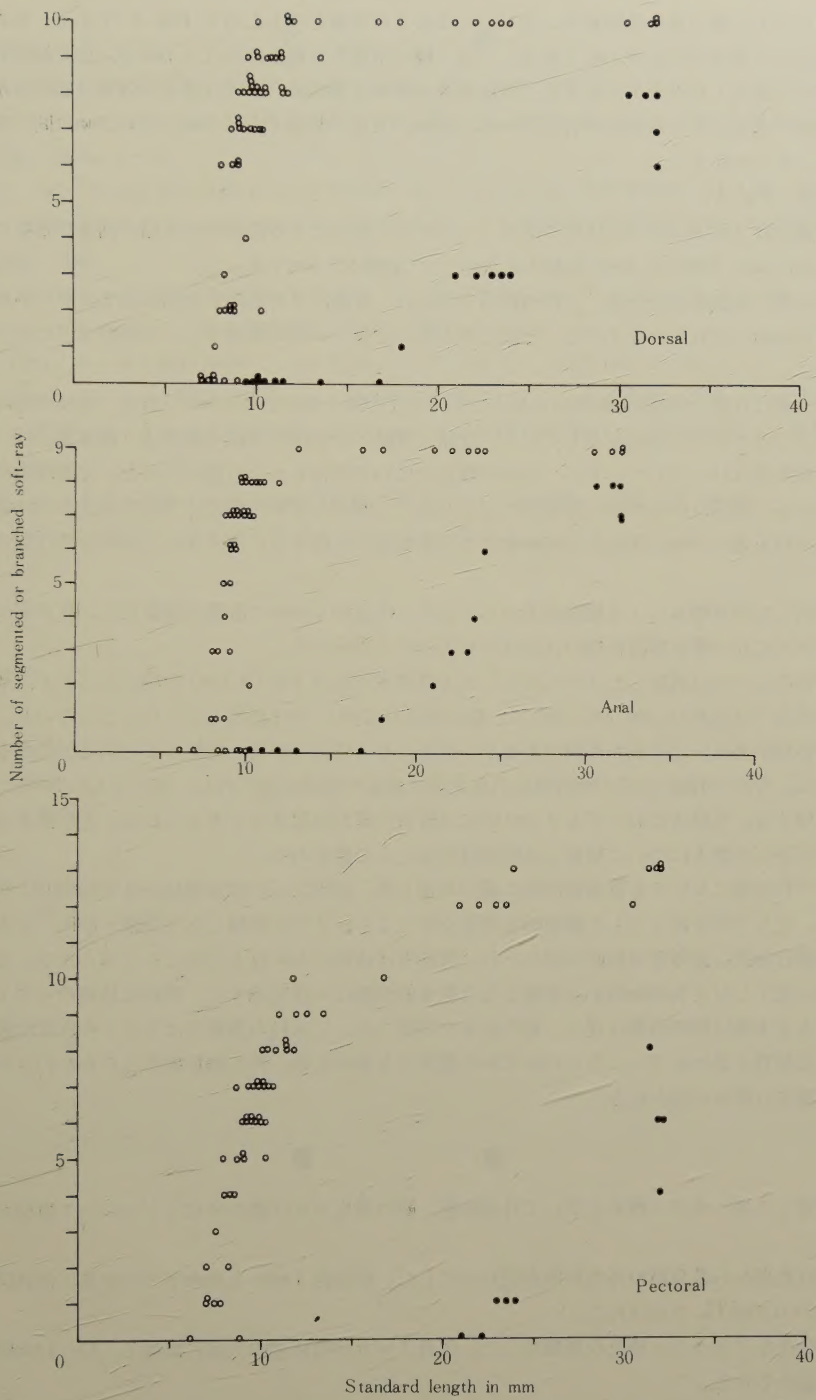



Fig. 5 *Evynnis japonica.* Segmentation (open circles) and branching (closed circles) of soft rays in dorsal, anal and pectoral fins.

Fig. 3に示した鱗の発生段階規準に基づいて体長との関係を示したのが Fig. 4 である。体表面に鱗が認められなかった最大体長は8.1㎜である。一方，鱗が出現した最小体長は7.1㎜で，体長範囲約7～8㎜の間にいずれの個体も初期発生が始まる。以後体長の増加と共に鱗の形成は進み，体側全面に鱗が認められたのは13.1㎜である。早い個体は体長約7㎜から13㎜，又遅い個体でも8.5㎜から14.5㎜の間で鱗の形成を完了することがうかがえる。

鰭の分化（Fig. 5）

本種の鰭式は D.XII,10, A.III,9 である。アリザリン染色による観察では各鰭の鰭条が定数に達するのは背鰭が体長6.5㎜，臀鰭が6.2㎜，胸鰭が8.9㎜そして腹鰭が7.5㎜であった。

Fig. 5に背，胸鰭軟条の分節，分枝の経過を示した。背鰭は8㎜頃から分節が始まり早い個体は10㎜，遅い個体は14㎜頃にそれぞれ完了する。分枝は標本数が少ないが20㎜頃始まり，40㎜頃までに完了する傾向を示している。

臀鰭の分節は背鰭と同様8.0㎜頃から始まるが，完了の最小個体は13.0㎜である。分枝の開始は背鰭とほぼ同じで完了はやや早い傾向を示している。背鰭，臀鰭の分化はいずれも後方より始まる。

胸鰭の軟条数は15とされているが，今回の観察では14の個体もかなり認められた。分節は他の鰭と同じ時期に始まるが，発達はゆるやかで短期間に完了しない。図からも明らかなように完了するのは20㎜以後である。また分枝も遅く20㎜以後始まり30㎜すぎで半数程度が分枝するにすぎない。分節分枝は鰭の中央部から始まる。

今回供試した飼育標本による観察結果からすると，体長約9.0㎜で各鰭が定数化し，稚魚期に達する。近縁種のマダイに比べ稚魚期移行期の体長はやや大きいと思われる。

鱗の発生については前述したように岸上[1]が天然標本で長さ3分（9.1㎜）の時に生じると記載しているのに対し，庄島[4]は全長14.5㎜（pl. 69からの推定体長11.7㎜）では出現していないとしている。岸上の観察が，標準体長かあるいは全長か不明であるがいずれにせよ庄島の結果と比較すると同じ天然標本でもかなりの差がある。今回の観察では7.0㎜前後から体表面に鱗状の模様が認められ，遅くとも8.0㎜頃までには体表に鱗が出現する。生標本においても9.0㎜頃には最初の鱗が出現すると考えられる。天然標本との差異については更に多くの標本について観察し比較検討を加える心要がある。

他のタイ科魚類においても稚魚期前後に鰭が発達し鱗，斑紋などの形成開始があり形態的に次の発育段階に達する。そして時を同じくして機能的な発達を伴うことをすでに指摘した（福原・岸田[10]）。本種においても稚魚期移行前後に諸器官の形成が認められ，脊椎骨は体長7.1㎜以上でほとんど24となる。また斑紋は各鰭の分節が完了した体長20㎜頃から明瞭となり基本的形態はほぼ完成する。斑紋は幼期のマダイ，クロダイと比較すると本種は形成時期は遅く，彩色も余り明瞭でない。本科の魚類ではチダイの斑紋は最も発達の程度が異った形質と思われる。こうしたわずかの差異でも種の生態，特に棲息場所とのかかわりをも反映していると推察され興味が持たれる。

## 摘　　要


人工飼育して得たチダイ標本を用いて外部形態，鱗の発生および鰭の分化などについて観察し，次の結果を得た。

1）後期仔魚期から稚魚期の外部形態を明らかにした。体長約4㎜から40㎜までの全長，体長関係は SL = 0.602+0.786 TL で示された。

2）鱗の発生をアリザリン染色の後観察した。体長7～8㎜頃体側中央部に出現し，13～14㎜頃体側全面に鱗が認められた。

3）各鰭の鰭条が定数に達するのは背鰭が体長6.5㎜，臀鰭が6.2㎜，胸鰭が8.9㎜，腹鰭が7.5㎜で体長9.0㎜で稚魚期に達すると考えられた。

## 文　　　　献


1）岸上鎌吉，1915：タヒ類の発生及生長．水産学会報，**1**(3)，185—199.

2）神谷尚志，1922：館山湾に於ける浮性魚卵並に其稚仔第二報．瀬戸内海に於ける浮性魚卵並に其稚仔．水産講試報，**18**(3)，1—39.

3）水戸　敏，1963：日本近海に出現する浮游性魚卵—Ⅲ，スズキ亜目．魚類学雑誌，**11**(1/2)，39—64.

4）庄島洋一，1958：チダイ *Evynnis japonica* TANAKA，日本産魚類の稚魚期の研究（九州大学農学部第2教室編），68p.

5）福原　修，1976：マダイ稚仔魚の形態学的研究—Ⅰ，鰭の形成について．本誌，(9)，1—11.

6）———，——：————Ⅱ，初生鱗の発生と生長．同上，13—18.

7）———，1977：クロダイ稚仔魚の二，三の形態について（英文）．本誌，(10)，1—16.

8）———，1979：ホルマリン固定によるマダイ卵稚仔の収縮について．水産増殖，**27**(3)，129—136.

9）南西海区水産研究所・高知県水産試験場，1978：チダイ特別研究経過報告．昭和52年度タイ類特別研究現地検討会資料.

10）福原　修・岸田　達，1980：マダイの稚仔魚期における二，三の行動．本誌，(12)，9—20.

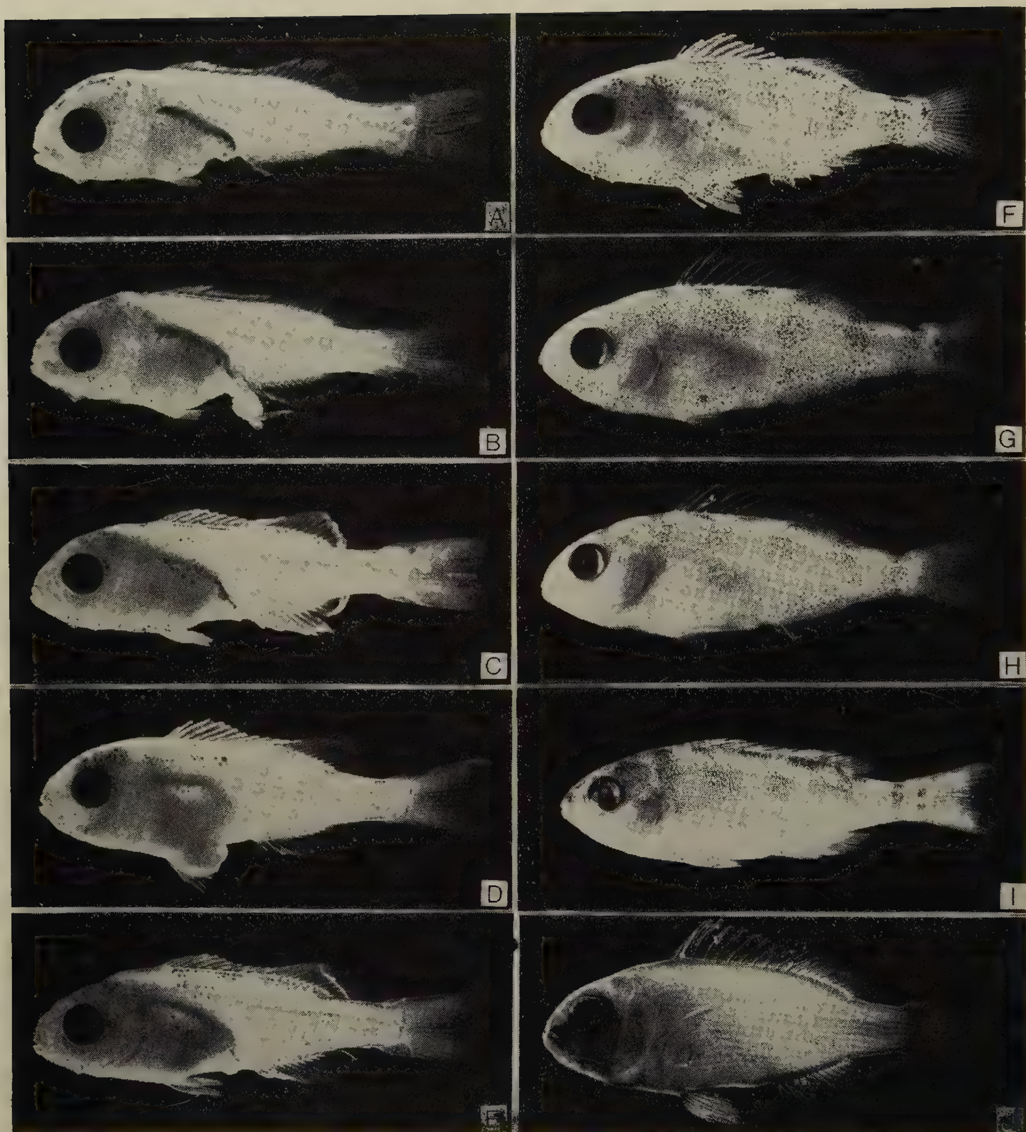



Plate 1 Photographs showing the pigmentation and stripe formation in *Evynnis japonica*. A. 8.0mm SL; B. 10.0mm SL; C. 12.2mm SL; D. 13.5mm SL; E. 14.0mm SL; F. 19.0mm SL; G. 20.5mm SL; H. 22.9mm SL; I. 32.0mm SL; J. 35.0mm SL.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 9～17 (1981)

# マダイ仔稚魚の遊泳能力に関する実験的研究

岸田　達・福原　修

# Experimental Study on the Swimming Ability of Laboratory-Reared Larvae and Juveniles of Japanese Red Sea Bream, *Chrysophrys major* (Sparidae)

Tatsu Kishida and Osamu Fukuhara

Swimming ability of larvae and juveniles of laboratory-reared Japanese red sea bream, *Chrysophrys major*, was measured to study its development with growth.

A total of 103 fish was examined. They ranged from 2.8 mm to 46.0 mm in standard length (SL), and from 10 to 68 days in age. The fish were forced to swim in an experimental tube against current of 2.9 SL/sec (for the 10 day-old larva) and 9.5 SL/sec (for the 60 day-old larva) in velocity.

The relationship between swimming distance ($v \cdot t$) and standard length ($l$) was expressed as follows: $v\ t = 179\ l^{3.47}$ where $v$ is swimming speed and $t$ is swimming time.

Iwata *et al.* (1971) postulated that the relationship between three variables: $v$, $t$ and $l$, is expressed by an equation: $v\ t^k = a\ l^b$. Applying the data of the present experiment to this formula, an equation $ln\ t = 9.33 + 7.60\ ln\ l - 3.74\ ln\ v$ (i.e. $v\ t^{0.267} = 12.1\ l^{2.03}$) was obtained.

魚類の遊泳能力に関する研究は，行動や生態と深く係わる課題として古くから関心が持たれ，多くの魚種が研究素材として扱われている。既往の研究については千田[1]，福田[2] の抄録に詳しい。

仔稚魚の遊泳能力については,仔稚魚の分布と環境水の流動との関連性に着目して調べられたり (Bishai[3], Houde[4])，採集網に対する逃避能力の測定のために調べられたり (Ryland[5]) した例が見られる。また塚本・梶原[6]，Tsukamoto *et al*.[7] は，アユ仔稚魚の発育に伴う遊泳能力の発達の過程を調べた。

マダイ仔稚魚の遊泳能力については，これが稚魚期への移行後に起こる行動範囲の拡大，着底を中心とする環境に対する自律性の発現といった天然で観察される現象[8)-11)]と密接に関連していると考えられる点で重要と思われるがこれについての知見は乏しい。[12)]

そこで筆者らはマダイの仔稚魚を飼育し，発育に伴う遊泳能力の発達の過程を知るために実験を行い若干の知見を得たので報告する。

本研究を進めるに当り御支援と本稿の校閲を頂いた内海資源部長倉田博博士，同部上田和夫第一研究室長，並びに実験材料の提供を頂いた広島県水産試験場伏見徹生産部長に対し深く感謝の意を表する。また結果の統計処理に際しては内海資源部石岡清英技官の指導を頂いた。記して深謝の意を表する。

## 材 料 及 び 方 法

### 1. 仔稚魚の飼育

遊泳実験に用いたマダイ仔稚魚は，広島県水産試験場の養成親魚がいけす内で自然産卵したものを採集し，当研究所でふ化させ飼育したものである。産卵は1979年5月17日，ふ化は5月20日であった。(詳細は

1980年11月11日受理，南西海区水産研究所業績　第102号

前報[13])。ふ化仔魚は前報[13]と同様の方法で稚魚まで継続して飼育し，飼育過程の仔稚魚を各実験日に水槽から適宜抽出して実験に供した。

飼育期間中の餌料は，仔稚魚の発育段階を考慮しながら，シオミズツボワムシ（*Brachionus plicatilis*），チグリオプス（*Tigriopus japonicus*）及びアルテミア（*Artemia salina*）のノープリウス，アサリ・マガキ・アミ等のミンチという順序で与えた。

### 2. 実験装置

今回用いた実験装置は，Fig. 1 に示したように組みたてた。この装置は藤谷ら[14]がクルマエビの抗流実験を行う際に用いたものを参考にした。実験管は透明なアクリル樹脂製で内径 6.0 cm，漏斗から実験管の流出口までの長さは 150 cmである。

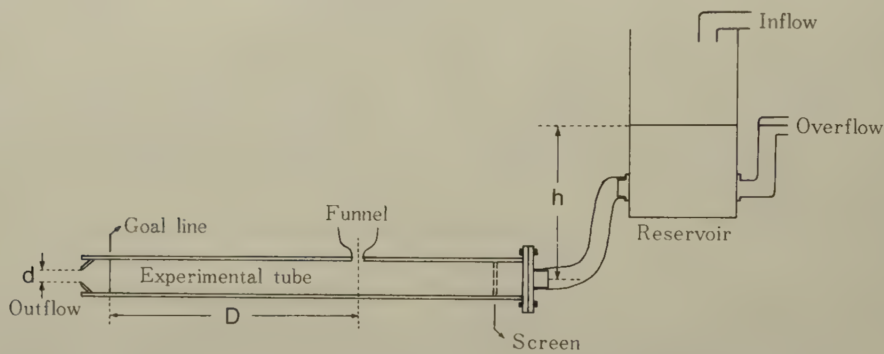



Fig. 1 Apparatus used to test the swimming ability. Current velocity is controlled by ajusting both d and h. D: distance from the center of funnel to goal line on the tube.

実験管への給水には仔稚魚の飼育水と同じ砂濾過海水を用いた。濾過海水のみで必要な流量が得られない場合に限り未濾過の海水を寒冷紗でこしたものを補助的に加えた。流量は Fig. 1 の水位差 h と流出口の内径 d を変えることにより調整できる様にした。

### 3. 実験の要領及び手順

実験はふ化後10日目（5月30日）から68日目（7月27日）までの間概ね週に1回，1回当り合計10尾前後について行った。供試魚総数は 103 尾で，その標準体長（以下体長という）の範囲は 2.8～46.0mmであった（Table 1)。

実験に際しては飼育水槽から供試魚を取り上げ，漏斗（Fig. 1 参照）から実験管へ送り込んだが，その操作は以下の要領で行った。すなわち，仔魚期には水槽表層の魚を無作為に1尾ずつビーカーで海水ごとすくい取り，静かに漏斗より流し入れた。稚魚期に移ってからは直径60cmの円筒形の網を水槽中に沈めて放置し，網の上を遊泳する魚が10尾以上になった時点で網を水面より半分上げた。そして入網した稚魚をビーカーで1尾ずつ海水ごとすくい取り，漏斗から実験管に流し込んだ。

実験管には漏斗の差込口中央から流出口へ向って距離Dの地点に線を引いた（Fig. 1 参照)。そして供試魚が実験管へ送り込まれた時点から流されてこの線を通過するまでの時間をストップウォッチを用いて計測した。但しDは 100 cm（5月30日～6月19日)，130cm（6月27日～7月3日)，140cm（7月10日～27日）とした。各供試魚は実験管の流出口に網を受けて採捕し，体長を測定した。

### 4. 遊泳能力の評価に必要な2要素の算出

実験管中に導入したマダイ仔稚魚は正の走流性を示し，流れに抵抗して遊泳するのが普通であった。今回

Table 1. Experimental conditions of swimming performance for red sea bream in 1979.

| Date | | Age (days) | Number of fish examined | Standard length (mm) | | | | Water temp. (°C) | | Flow quantity (ml/sec) | Velocity/sec. (SL/sec) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Mean | Min. | Max. | S. D. | Rearing tank | Exp. tube | | |
| May | 30 | 10 | 20 | 4.3 | 2.8 | 5.1 | 0.6 | 20.6 | 19.6 | 225 | 2.9–3.3 |
| | 31 | 11 | | | | | | 20.1 | 18.0 | 225 | 2.9–3.3 |
| June | 5 | 16 | 10 | 5.3 | 3.4 | 6.7 | 1.0 | 21.3 | – | 225 | 2.9–3.3 |
| | 19 | 30 | 11 | 13.0 | 9.9 | 15.4 | 1.9 | 21.1 | 19.0 | 355 | 4.6–4.7 |
| | 27 | 38 | 16 | 17.3 | 15.2 | 21.3 | 1.6 | 22.0 | 21.4 | 445 | 5.6–5.9 |
| July | 3 | 44 | 11 | 21.0 | 16.0 | 25.4 | 3.1 | 22.0 | 21.3 | 445 | 5.5–5.8 |
| | 10 | 51 | 4 | 24.0 | 23.0 | 25.3 | 1.0 | 21.9 | 21.8 | 560 | 7.0–7.1 |
| | 13 | 54 | 9 | 27.1 | 22.7 | 33.5 | 3.0 | 22.1 | 22.3 | 633 | 7.4–7.9 |
| | 19 | 60 | 12 | 32.5 | 30.0 | 36.7 | 2.1 | 22.5 | 22.7 | 789 | 9.1–9.5 |
| | 27 | 68 | 10 | 40.6 | 33.8 | 46.0 | 3.4 | 24.9 | 24.9 | 789 | 8.6–9.3 |

S. D., Standard deviation ; SL, Standard length

の実験では，各供試魚の遊泳能力評価のために，流れに対する抗力の２要素，すなわち実験管中での遊泳速度 $v$，流されるまでの遊泳時間 $t$ の２項目を以下の方法で算出した。

i ）遊泳速度

実験管断面内で供試魚が遊泳する部位における流速を遊泳速度とした。実験管の断面上の流速は次式で与えられる[5)]。

$$v' = 2q/\pi \ \{1/r^2 - (r'/r^2)^2\} \cdots\cdots\cdots(1)$$

$v'$：管の中心より距離 $r'$ の点における流速

$q$：単位時間当りの流量

$r$：管の半径

従って，供試魚の遊泳速度を算定するためには観察により $r'$ を決定する必要がある。

ii ）遊泳時間

前述のストップウォッチによる計測値，すなわち供試魚が実験管の中へ送り込まれてから，下流に設定した線を通過するまでの時間をＴとした時　$T = t + t'$　と考えられる。ここに $t$ は魚が流れに逆らって遊泳した時間，$t'$ は距離Ｄを受動的に流されるのに要する時間である。そこで遊泳時間 $t$ は　$t = T - t'$　より求めた。

$t'$ の算定は，個々の個体の流される際の位置が正確には把握し得なかったため，便宜的に　$t' = D/(q/\pi r^2)$ とした。$q/\pi r^2$ は，流量 $q$ のときの平均流速であり，管壁より0.9cm内側の円周上において実現される流速である。体長が増大して $v > q/\pi r^2$ となった個体については　$t' = D/v$　とした。

## 結　　　果

### 1. 仔稚魚の性状

各実験日における供試マダイの大きさ，飼育槽水温，実験条件などを Table 1 に，成長曲線を Fig. 2 にそれぞれ示した。今回の実験に供したマダイ仔稚魚の摂餌状態，成長の状態について特に異常は認められなかった。

既述の如く，流水中に送り込まれたマダイはほとんどが正の走流性を示したが，中にはこの態勢にはいる

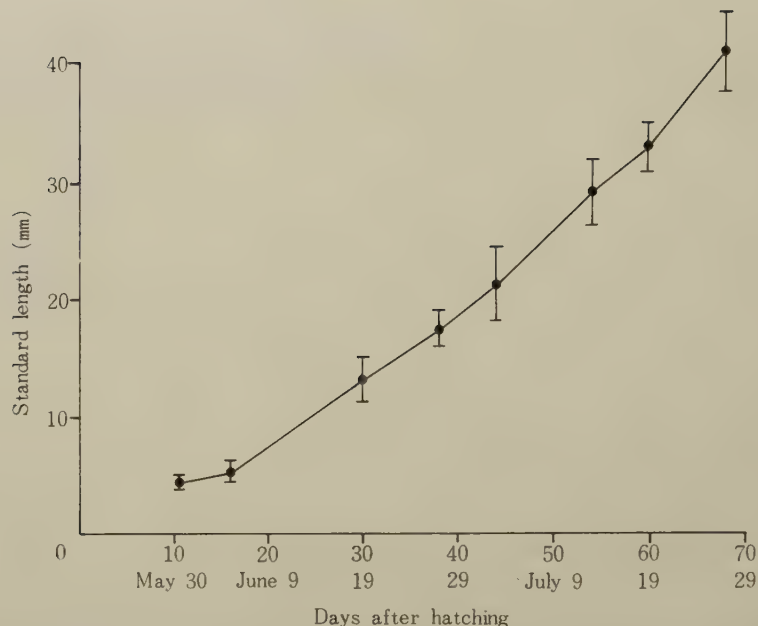



Fig. 2 Growth curve of the fish used in the present experiment. Each point and bar shows the mean and standard deviation. Refer to Table 1 for the details of each measurement.

前に流されてしまう個体もみられた。これらの個体は実験管に導入する際の取扱い方に問題があったために環境の急変に適応し得なかった例と判断して集計の際除外した（103尾中７尾）。

**2. 遊泳速度の算定**

実験管中の供試魚は管の天井部あるいは底部に接する姿勢で遊泳するのが普通に見られる遊泳位置であった（**Fig. 3** 参照)。そこで(1)式における $r'$ の値は次式により算定した。

$$r' = r - H/2 \quad \cdots\cdots\cdots(2)$$

H：供試魚の遊泳時の鉛直方向の高さ（**Fig. 3 a，b**参照)

実際にはHの値は以下の如く決定した。稚魚に対しては６月19，27日，７月13日の実験に供した後ホルマリン固定した28尾について，背鰭上端から腹鰭下端までの長さを測定し，体長 $l$ との比を求めた。そしてその平均値として0.6を得た。そこで

$$H = 0.6\,l \quad \cdots\cdots\cdots(3)$$

とした。(1)，(2)，(3)式より稚魚の遊泳速度 $v$ は

$$v = 2q/\pi\,[1/r^2 - \{(r - 0.3\,l)/r^2\}^2]$$

より算定した。

仔魚の場合は背鰭，腹鰭が未完成で形態的には同一の数値を用いられない。また仔魚は遊泳の際，実験管の天井部で頭を上向きにして体を傾ける傾向が見られ（**Fig. 3 a**)，観察によるHの算定は難しかった。そこで仔魚の場合にも(3)式を用いた。この場合仔魚の傾きは約30°と計算されるが，この値は Ryland[5] が plaice

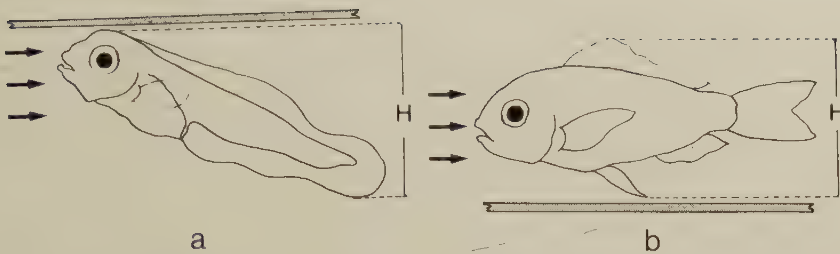



Fig. 3 Semidiagrammatic drawing of swimming posture of larva and juvenile in the experimental tube. The length of H which is used to calculate the swimming speed is indicated. Arrows show the direction of water current.

(*Pleuronectes platessa*) 仔魚で観察した値と一致しており，大きな誤りは無いと考えた。

### 3. 遊泳能力と体長の関係

遊泳能力を表わす指標として $v \cdot t$ を考え，$vt$ と $l$ の関係を求めた。一方岩田ら[15]の報告によると３変数 $l, v, t$ は $vt^k = al^b$ なる関係によく適合することが伺えた。そこで今回の測定値を同式に当てはめ，定数 $a, b, k$ を求める試みを行った。

i）$vt$ と $l$ の関係

$vt$ とは，供試魚が実験管中で流れに抗して実質的に遊泳したであろう距離である。既述の除外例を除く96尾について，それぞれの $l$ と $vt$ を普通目盛で図示すると Fig. 4 が得られる。これを両対数目盛で図示したものが Fig. 5 である。前記96例の中には $t=0$ と算定されたものが３例あったがこれらは $vt$ の値を対数に変換すると―∞となり意味を持たなくなるため除いた。

Fig. 5 の点の分布を直線とみなし，最小２乗法により $ln\ l$ に対する $ln\ vt$（$ln = \log_e$）の直線回帰式を求め，

$$ln\ vt = 5.19 + 3.47\ ln\ l\ （または\ vt = 179\ l^{3.47}）\cdots\cdots\cdots(4)$$

を得た（単位は $vt$，$l$ 共にcm）。Fig. 4，5 で白ぬきの点で示してある値は遊泳時間が長過ぎたため途中で実験を打切った個体の値であるが，この２点も計算に含めた。帰無仮説 $\beta = 0$（$\beta$：母集団回帰係数）をＦ検定した結果，仮説は１％有意水準で棄却された。従って直線のあてはめには意味があると言えよう。また $ln\ l$ と $ln\ vt$ の間の相関係数は，0.879であった。

(4)式で表わされる曲線を Fig. 4 に示した。

ii）$vt^k = al^b$ へのあてはめ

上式に93尾分の測定値をあてはめ定数 $a, b, k$ を求める試みは以下の様に行った。

この式の両辺の対数をとると

$$ln\ v + k\ ln\ t = ln\ a + b\ ln\ l$$

となる。この実験で $t$ は $l$ と $v$ に対し従属的な関係にあるため，$ln\ l$，$ln\ v$ を説明変数，$ln\ t$ を目的変数とする重回帰式のあてはめを行い，

$$ln\ t = 9.33 + 7.60\ ln\ l - 3.74\ ln\ v\ \cdots\cdots\cdots(5)$$

を得た。帰無仮説 $\beta_1 = \beta_2 = 0$ をＦ検定した結果，仮説は１％有意水準で棄却された。従って有意水準１％で重回帰式のあてはめには意味があると言えた。重相関係数 $R = 0.745$，寄与率 $R^2 = 0.555$ であった。得られ

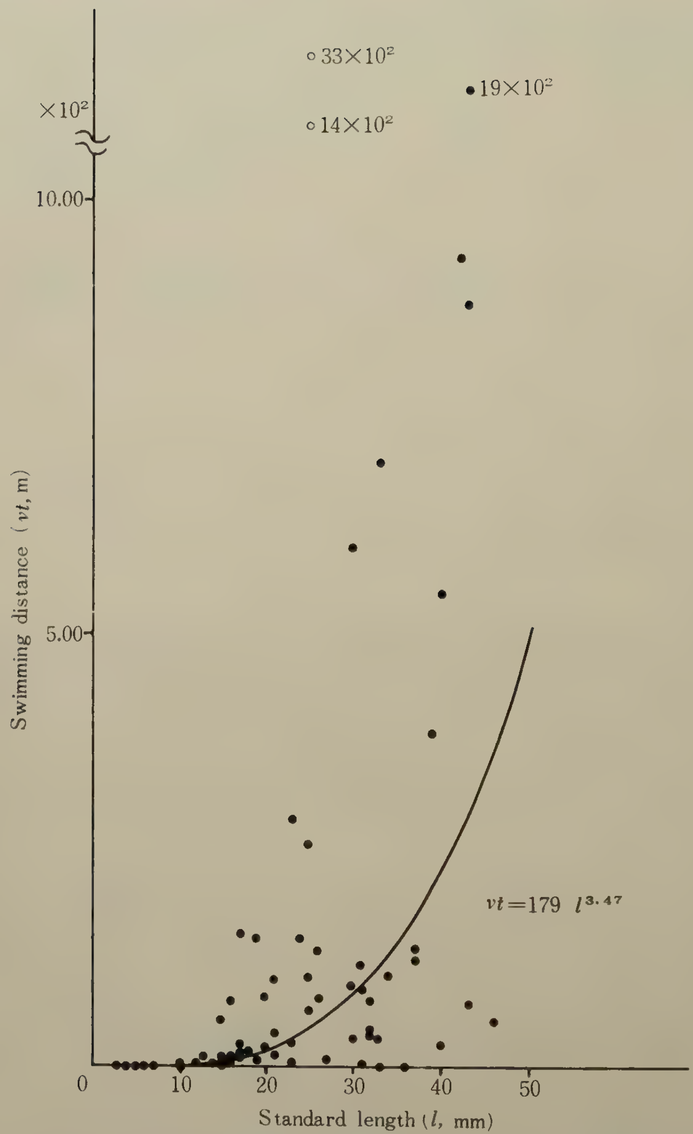



Fig. 4 Relationship between standard length ($l$) and swimming distance ($v \cdot t$). Regression curve of $vt$ against $l$ is also indicated.

た偏回帰係数から $a=12.1$, $b=2.03$, $k=0.267$ が計算された。従ってこの方法によって求めたマダイ仔稚魚の $l$, $v$, $t$ の関係は $vt^{0.267}=12.1\,l^{2.03}$ と表わされた。

## 考　　察

今回の結果を Fig. 4 でみると，*vt* で表わした遊泳能力は，仔魚期には稚魚期以降と比べて相対的に小さ

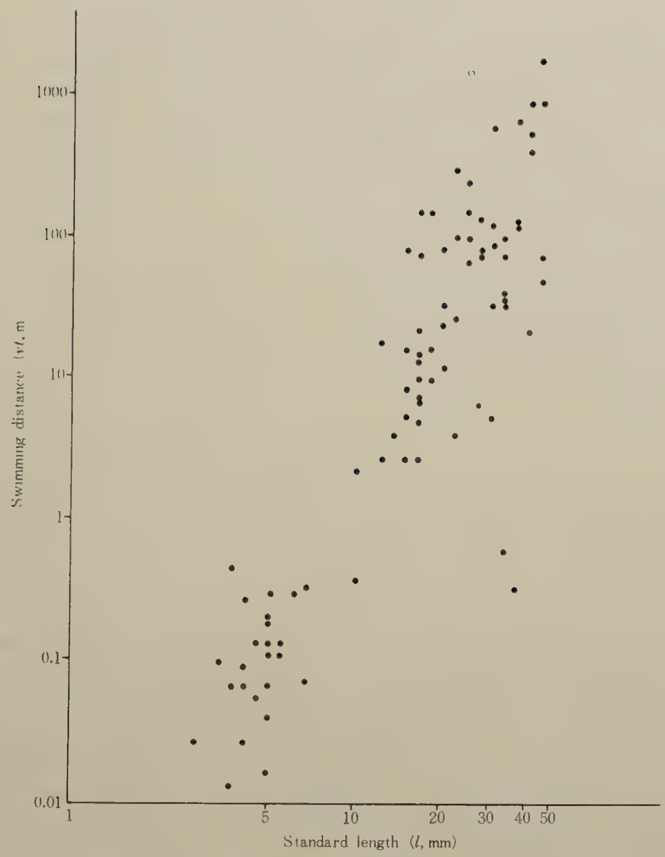



Fig. 5 Relatioship between the logarithms of swimming distance ($vt$) and those of standard length ($l$).

いことがわかる。このことから天然におけるマダイ仔魚は，その分布や移動の面で環境海水の流動に依存する部分が大きいことが推察できる。

マダイの仔魚期から稚魚期への移行期について，北島[16]は，尾叉長6～10mmになったマダイを仔魚後期Ⅱ期と呼び，形態的な変化の顕著な時期としている。これは体長にすると5.4～9.0mmに相当する（北島，[16] 森[10]の報告より概算）。この時期は筋節の変化，[16] 各鰭の形成[17]など遊泳能力の発達に影響を及ぼすとみられる諸形態の発達も顕著であり，この期を経て稚魚期に移行すると遊泳能力は Fig. 4 に見る通り増加が見られるようになる。

マダイ稚魚の天然における生態について，田中[9,11]は志々伎湾内外の仔稚魚の分布を調べることにより，全長10mm（体長8.3mm）を超えた稚魚は表層に出現する傾向がみられるとし，更に浮遊生活期の最終段階にある全長10mmを超えた稚魚が幼稚魚育成場へ能動的な移入を行っている可能性を指摘した。また森[10]は油谷湾におけるマダイ稚魚の水平方向の移動は全長10mmを超えた段階で除々に始まるとしている。そして田中[9,11]は着底が行われるのは全長12～15mm（体長10～12.5mm）の間であろうと推定している。Fig. 4 に見られる様な稚魚期へ移行してからの遊泳能力の増加はこれら天然での行動範囲の拡大，生息場所の能動的な移動といった現象と密接な関係を有すると考えられる。つまり諸形態の変化，発達に伴う遊泳能力の発達は，マダイ

稚魚の比較的急激な生活様式の変化を可能ならしめる条件の1つであると言えよう。

マダイ仔稚魚で得られた測定値を $vt=al^b$ にあてはめた場合と $vt^k=al^b$ にあてはめた場合の定数 $a$, $b$, $k$ の差異は，(4)，(5)式に見る通り両回帰式における独立変数（説明変数）と従属変数（目的変数）のとり方の違いによるものである。実験式 $vt^k=al^b$ は岩田ら[15]がマダイについて求めたが，この関係の存在は以下のことからも推察できた。遊泳時間 $t$ と遊泳速度 $v$ の関係について岩田ら[15]，塚本・梶原[6]は数種の魚における幅広い $v$，$t$ の値について

$$vt^k=C(C：定数\quad 0<k<1)\quad\cdots\cdots\cdots(6)$$

なる関係を認めた。また遊泳速度 $v$ と体長 $l$ の関係について Blaxter & Dickson[18]は1～25cmの herring (*Clupea harengus*) で $v=7.6\,l^{0.94}$ なる関係を見出し，Brett[19]は一般的に

$$v=al^b\quad\cdots\cdots\cdots(7)$$

が成り立つとしている。(6)式においてCは $t=1$ の時の $v$ の値である。これを $v_{max}$ と置くと

$$vt^k=v_{max}\cdots\cdots\cdots(8)$$

となる。(7)式が一般的に成立するなら

$$v_{max}=al^b\quad\cdots\cdots\cdots(9)$$

が成立する。従って(8)，(9)式より $vt^k=al^b$ が一般的に成立することが推察できる。ただし以上の論議は主に幼・成魚の遊泳実験の結果に基いており，仔稚魚の資料に基いてはあまりなされていない点で問題が残る。

魚類の遊泳に関する既往の研究によれば遊泳の型には持続的な遊泳（巡航）と爆発的な遊泳（突進），更にその中間の型（間欠的な突進を含む巡航）の3通りがある[20,21]。Brett[20]によれば持続的遊泳とは酸素消費量が活動代謝量より低いレベルでの遊泳であり，爆発的遊泳は酸素債を伴う遊泳で速やかな疲労を引き起こす。塚本・梶原[6]によると魚類の一般的な巡航速度は2～3 $l$/sec.（1秒間に体長の2～3倍）で，突進速度は 10 $l$/sec. 前後である。今回の実験では Table 1 における SL/sec. の値の範囲からみて供試魚の遊泳は両者の中間の型であったと考えられる。

## 摘　　　要

屋内水槽で飼育したマダイ仔稚魚の遊泳能力を測定し以下の結果を得た。

1．2.8～46.0㎜の仔稚魚について，実験管中の流れに流されるまでに実質的に遊泳し得た距離 $vt$ と体長 $l$ の間の関係は $vt=179\,l^{3.47}$ で示された。ただし $v$ は実験管中における供試魚の遊泳速度，$t$ は流されるまでの遊泳時間である。

2．岩田ら（1971）の報告から知られる実験式 $vt^k=al^b$ へ今回の実験で得られた測定値のあてはめを行い，$\ln t=9.33+7.60\ln l-3.74\ln v$（すなわち $vt^{0.267}=12.1\,l^{2.03}$）を得た。

3．マダイ仔稚魚の遊泳能力は稚魚期へ移行する頃からその増加が大きくなる様子が伺えた（Fig. 4）。

## 文　　　献

1）千田哲資，1970：魚類の遊泳に関する文献抄録．本四架橋影響調査，流れと魚の遊泳参考資料No. 2．岡山水試，52pp.

2）福田富男，1971：―――　―（Ⅱ）．同上No. 5．岡山水試，37pp.

3）Bishai, H. M., 1960: The Effect of Water Currents on the Survival and Distribution of Fish Larvae.

J. Cons int. Explor. Mer., 25. 134—146.

4) Houde, E. D., 1969: Sustained Swimming Ability of Larvae of Walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) and Yellow Perch (*Perca flavescens*). J. Fish. Res. Bd. Can., **26**(6), 1647—1659.

5) Ryland, J. S., 1963: The Swimming Speeds of Plaice Larvae. J. Exp. Biol., 40, 285—299.

6) 塚本勝巳，梶原　武，1973：魚類の遊泳速度と遊泳能力．水産土木，**10**(1)，31—36.

7) Tsukamoto, K., T. Kajihara and M. Nishiwaki, 1975: Swimming Ability of Fish. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **41**(2), 167—174.

8) 田中　克，1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当才魚の生産をめぐる問題点．漁業資源研究会議報，(20)，77—102.

9) 田中　克，1979：マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程．水産土木，**16**(1)，47—57.

10) 森慶一郎，1980：油谷湾における浮遊期，底生生活初期のマダイの生態．西水研研報，(54)，59—78.

11) 田中　克，1980：志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究—Ⅰ．浮遊生活期仔稚魚の水平分布．西水研研報，(54)，231—258.

12) 佐藤正明，伏見　徹，増村和彦，1973：Ⅴ．稚仔魚の遊泳能力．備後灘周辺漁場開発プロジェクトチーム（編，発行）．浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，269—270.

13) 福原　修，岸田　達，1980：マダイの稚仔魚期における二，三の行動．本誌，(12)，9—20.

14) 藤谷　超，石岡宏子，福原　修，1972：3.流れに対する抵抗性について．備後灘周辺漁場開発プロジェクト・チーム（編，発行）．浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，13p.

15) 岩田清二，大山文男，福田富男，1971：流れに対する魚類の行動と，魚類に及ぼす流れの影響—(Ⅱ)，本四架橋影響調査，流れと魚の遊泳参考資料No. 4，岡山水試，15pp.

16) 北島　力，1978：マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究．長崎県水産試験場論文集No. 5，92pp.

17) 福原　修，1976：マダイ稚仔魚の形態学的研究—Ⅰ．鰭の形成について．本誌，(9)，1—11.

18) Blaxter, J. H. S. and W. Dickson, 1959: Observations on the Swimming Speeds of Fish. J. Cons. int. Explor. Mer., 24, 472—479.

19) Brett, J. R., 1965: The Relation of Size to Rate of Oxygen Consumption and Sustained Swimming Speed of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*). J. Fish. Res. Bd. Can., **22**(6), 1491—1501.

20) Brett, J. R., 1964: The Respiratory Metabolism and Swimming Performance of Young Sockeye Salmon. J. Fish. Res. Bd. Can., **21**(5), 1183—1226.

21) Webb, P. W., 1975: Hydrodynamics and Energetics of Fish Propulsion. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 190, X+158pp.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 19~28 (1981)

# トリガイ *Fulvia mutica* (REEVE)の酸素消費量と高水温期におけるへい死との関係について

野上　和彦・梅沢　敏・阪口　清次*・福原　修

# The Effect of Dissolved Oxygen on the Oxygen Consumption and Mortality of *Fulvia mutica* (REEVE) (BIVALVIA)

Kazuhiko NOGAMI, Satoshi UMEZAWA
Seiji SAKAGUCHI* and Osamu FUKUHARA

High mortality of cockle *Fulvia mutica*, which is commercially important shellfish in The Seto Inland Sea, often occurred in fisheries ground. The cause of the mortality was assumed to be result from high temperature and/or low oxygen condition in summer season.

The present paper described the effect of dissolved oxygen in relation to water temperature on the oxygen consumption and survival of *Fulvia mutica*.

Oxygen consumption was found to be affected largely by temperature: increment of oxygen consumption was observed with increasing temperature, ranging from 15 to 24°C, and over 26°C decreased for the oxygen consumption.

The oxygen consumption was found to be constant when the dissolved oxygen was kept more than 2 *ml/l* at a temperature of 20°C.

Mortality due to low oxygen was observed in a dissolved oxygen of less than 2 *ml/l* at a temperature of 20°C.

トリガイは主として内湾の泥底域に生息し，成長が速く，時に大量発生もみられるため瀬戸内海や他の本州内湾域では重要な漁獲対象資源となっている。[1)2)] しかしトリガイの生息する瀬戸内海の中部および西部海域では夏期の高水温期に大量へい死がみられ，大きな被害を受けている。[3)4)5)] へい死原因については成層形成による底層水の貧酸素化とこれに伴う硫化物の生成などがトリガイに影響すると考えられているが，未だ充分解明されていない。

二枚貝類の酸素消費量については種々の目的ですでに多くの研究がなされ，田村[6)7)]は溶存酸素量と塩分低下による影響をアカガイ，ホタテガイ，アカザラガイ，イガイ，ヒバリガイ，ムラサキエンコについて，森，[8)] 宮内・入江[9)]はアコヤガイについて検討している。GHIRETTI[10)]は *Pecten, Ostrea, Mytilus, Mya, Tapes* など11種の酸素消費量について過去の成果を表示している。しかしトリガイについて測定されたものはなく，生理学的，生態学的知見の集積が望まれる。

ここに報告する若干の実験はトリガイのへい死に深く関連すると考えられる水温と酸素消費量，低酸素水中における酸素消費量およびへい死状況から，トリガイのへい死原因の一端を明らかにしようとしたものである。

なお本研究の一部は昭和51年度環境保全総合調査研究促進調整費によった。

---

1980年12月8日受理，南西海区水産研究所業績　第103号
*養殖研究所 (National Research Institute of Aquaculture)

## 材料および方法

実験に用いたトリガイは広島湾南部および北部海域で貝桁網で採捕し，直ちに漁船活簀に収容して当水研まで運搬し，陸上コンクリート水槽（100×200×74cm）に生海水流水中で２日以上蓄養，馴化させた。

酸素消費量の測定には Fig. 1 に示す装置を用いた。実験方法は流水式で，砂沪過した海水を第１水位調節槽（塩化ビニール製，φ 15×75cm）に注ぎサイフォンで第２水位調節槽（ポリエチレン製，80×57×44cm）に導き，さらに実験水槽（塩化ビニール製，99×44×30cm）にサイフォンで連結した。この槽の中に呼吸室（アクリル製20×20×20cm）を２個設置し，トリガイを収容した。第２水位調節槽には送気して使用海水の溶存酸素量の安定を図った。呼吸室への海水の流入，循環は出水部の調節コックを加減して一定量の海水を流出させ，流出量だけ呼吸室へ流入するようにした。呼吸室内の水温変化を小さくするため実験水槽の海水は流量15 $l$/min のマグネチックポンプで循環させ必要に応じてヒーター（プラボードヒーター500w）で加温した。トリガイは急激な水温変化に対し衰弱する様子がみられたので通常は室内水温で実験し，加温する場合は１℃/h 以内で５℃程度にとどめた。

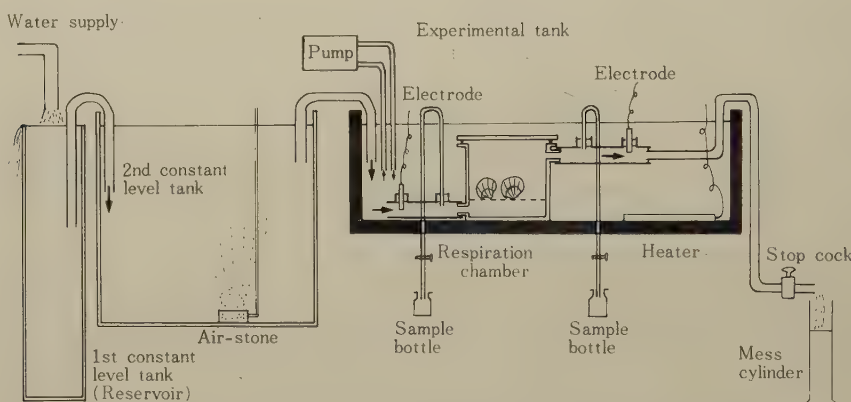



Fig. 1　The apparatus used in measuring the oxygen consumption of *Fulvia mutica*.

溶存酸素量の測定は50 m$l$ 容酸素瓶に入出水を採水し，１/200 規定チオ硫酸ナトリウム溶液で WINKLER 法により滴定した。また溶存酸素計（ベックマン Fieldlab 1008型と DO/BOD センサー）も併用して時間経過に伴う変動傾向の把握に努めた。酸素消費量は30分ないし１時間間隔で測定し，貝を呼吸室に収容後１～２時間経過して入出水酸素量の安定した４～５時間について各測定時毎に次式により算出しその値を平均した。

$$R=\frac{Oin-Oout}{MW}\times V$$

ここに R は酸素消費量（$\mu l$/g/h）

Oin は流入水中の溶存酸素量（$\mu l/l$）

Oout は流出水中の溶存酸素量（$\mu l/l$）

V は呼吸室中の通水量（$l$/h）

MW は湿肉重量（g）

通水量は18～60 $l$/h で水温により加減し，流出水の酸素量が 4 m$l/l$ 以下にならないよう注意した。

溶存酸素量の低下による酸素消費量の変化に関する実験では前述の装置を用い，トリガイを各９個収容し，

実験水槽の海水に流量を調整しながらエアーストーンを通して窒素ガスを送気し，溶存酸素量を一定値まで下げた。また低酸素水中におけるへい死実験では，塩化ビニール製水槽（99×44×30cm）に沪過海水を満し，前記のように窒素ガスを送気して低酸素海水を調整し，供試貝を収容して時間経過に伴う異常開殻とへい死状況を観察した。トリガイは天然海域では潜泥しているが以上の実験では泥や砂などの埋在基質は使用せず貝を直接呼吸室に静置した。大部分の個体は数分後には入出水管を出して盛んに吸排水を始める。この時点で活動のみられない閉殻個体を取り除いて実験を開始した。実験は1976年 9～11月および1980年 9～11月に行った。供試トリガイの平均湿肉重量，平均殻長，軟体部の水分などは Table 1 に示した。

## 結　　　果

呼吸室内の通水量を決定するため予備実験として60 $l$/h, 30 $l$/h の 2 区を設定し，供試貝を収容してからの酸素消費量を経時的に測定した。

**経時的変化**

流出入水の溶存酸素量の変化および酸素消費量の変化を Fig. 2 に示す。60 $l$/h 区の流入水溶存酸素量は **Fig. 2-B** に示したように11～16時までは4.84～4.96 m$l$/$l$ の範囲で比較的安定し，17時以降夜間は少し低下し，4.81～4.62 m$l$/$l$ の範囲で変化した。流出水の溶存酸素量もほぼ同様な変化傾向を示し，夜間は少し低下した。酸素消費量は **Fig. 2-A** に示したように14時までは42～47 μ$l$/g/h を示したがその後一時低下し，15時以降はやや上昇して安定し，35 μ$l$/g/h 前後を示した。30 $l$/h 区の流入水溶存酸素量は **Fig. 2-D** に示したように4.49～4.69 m$l$/$l$ の範囲であまり大きな変化はみられなかった。流出水の溶存酸素量もほぼ同様の変化傾向を示し，4.08～4.33 m$l$/$l$ の範囲で推移した。酸素消費量は **Fig. 2-C** に示したように34～47μ$l$/g/h

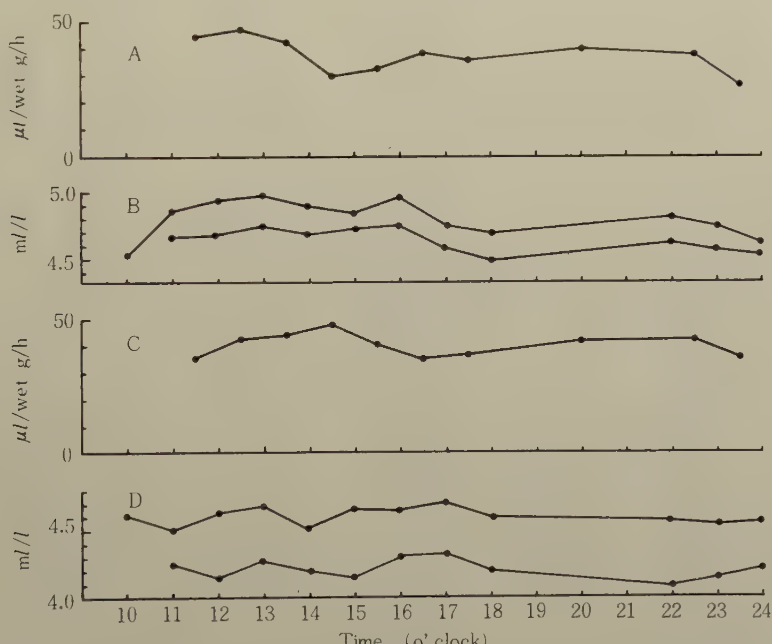



Fig. 2 Changes of oxygen consumption during the day and night (A and C) by the different condition of water flow at a rate of 60 $l$/h (B) and 30 $l$/h (D). Upper lines show the dissolved oxygen in inflow water and the lower for the outflow, respectively.

Table 1. Experimental conditions of oxygen consumption of *Fulvia mutica* in 1976 and 1980.

| Date | W. T. (°C) | S(‰) | $O_2$ consumption ($\mu l$/wet g/h) | Wet M. W. (g) | S. L. (mm) | Water cont. (%) | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nov. 18 | 15.32 (14.7–15.7) | 31.3 | 24.98 (23.46–27.97) | 44.33 | 84.8 | 90.4 | 9 |
| Nov. 11 | 17.95 (17.6–18.2) | 30.1 | 28.56 (24.11–34.77) | 40.56 | 82.4 | 90.7 | 9 |
| Nov. 4 | 18.0 (18.0–18.0) | 30.7 | 22.07 (20.4–23.2) | 31.5 | 77.90 | 92.81 | 6 |
| Nov. 4 | 18.0 (18.0–18.0) | 30.7 | 23.80 (21.0–26.6) | 27.0 | 76.83 | 92.22 | 6 |
| Oct. 26 | 20.32 (20.2–20.5) | 30.3 | 35.83 (29.00–49.50) | 33.33 | 78.3 | 89.2 | 9 |
| Nov. 7 | 20.87 (20.8–21.0) | 31.01 | 29.2 (24.1–33.7) | 27.35 | 75.02 | 92.75 | 6 |
| Nov. 7 | 20.87 (20.8–21.0) | 31.01 | 32.9 (28.6–37.2) | 30.12 | 82.20 | 92.49 | 6 |
| Sept. 30 | 21.5 (21.1–21.7) | 30.7 | 40.87 (34.35–50.32) | 34.44 | – | – | 9 |
| Sept. 30 | 21.5 (21.1–21.6) | 30.7 | 36.00 (24.83–47.32) | 33.11 | – | – | 9 |
| Sept. 28 | 21.55 (21.5–21.6) | 29.4 | 39.84 (31.90–38.95) | 28.67 | – | – | 9 |
| Oct. 7 | 22.35 (22.3–22.4) | 30.1 | 33.66 (30.18–37.50) | 36.44 | 76.7 | 89.6 | 9 |
| Jul. 29 | 22.6 (22.5–22.7) | 28.34 | 45.06 (39.0–51.0) | 29.14 | 65.65 | 89.00 | 6 |
| Jul. 29 | 22.6 (22.5–22.7) | 28.34 | 46.44 (41.4–54.6) | 26.85 | 63.45 | 89.5 | 6 |
| Jul. 28 | 22.9 (22.9–23.0) | 28.89 | 54.90 (46.3–60.6) | 29.14 | 65.65 | 89.00 | 6 |
| Jul. 28 | 22.9 (22.9–23.0) | 28.89 | 41.27 (34.9–49.0) | 26.85 | 63.45 | 89.51 | 6 |
| Nov. 1 | 23.3 (23.1–23.4) | 31.5 | 31.40 (27.0–41.7) | 34.8 | 82.18 | 92.20 | 6 |
| Nov. 1 | 23.3 (23.1–23.4) | 31.5 | 32.36 (27.7–35.9) | 35.9 | 85.47 | 92.03 | 6 |
| Oct. 19 | 23.90 (23.8–24.0) | 29.7 | 33.68 (27.80–46.60) | 39.29 | 79.0 | 87.46 | 7 |
| Oct. 7 | 24.0 (24.0–24.0) | 30.1 | 48.91 (46.36–51.82) | 36.67 | 78.2 | 88.7 | 9 |
| Oct. 19 | 24.93 (24.8–25.1) | 29.7 | 42.41 (33.28–51.46) | 33.33 | 79.1 | 87.00 | 7 |
| Oct. 31 | 25.4 (25.4–25.4) | 31.2 | 33.78 (29.20–40.10) | 38.8 | 82.60 | 92.34 | 6 |
| Oct. 31 | 25.4 (25.4–25.4) | 31.2 | 33.10 (30.90–36.10) | 34.8 | 81.75 | 92.61 | 6 |
| Oct. 12 | 25.98 (25.9–26.1) | 29.6 | 43.36 (36.00–53.95) | 28.11 | 75.2 | 89.6 | 9 |
| Oct. 8 | 26.08 (26.0–26.2) | 29.9 | 25.17 (18.93–37.85) | 35.22 | 77.8 | 89.2 | 9 |
| Oct. 12 | 26.79 (26.3–27.0) | 29.6 | 39.45 (34.18–46.91) | 27.44 | 75.2 | 89.8 | 9 |
| Oct. 8 | 28.0 (27.9–28.1) | 29.9 | 34.53 (31.29–38.85) | 34.75 | 75.3 | 89.5 | 8 |

Each measurement means average value, and that in parentheses indicate the minimum and maximum. M. W., meat weight; S. L., shell length; N, Number of shellfish examined.

の範囲で，14時前後にやや高い値を示したが他の時刻は 40 $\mu l$/g/h 前後で比較的安定していた。両区とも酸素消費量は実験開始2時間後位から比較的安定し，昼間は夜間に比べやや高いが大きな差はみられなかった。この結果から酸素消費量の測定可能な範囲を検討し，供試貝収容数が9個の場合，水温が20℃前後では通水量は 30 $l$/h 位が適当と考えた。

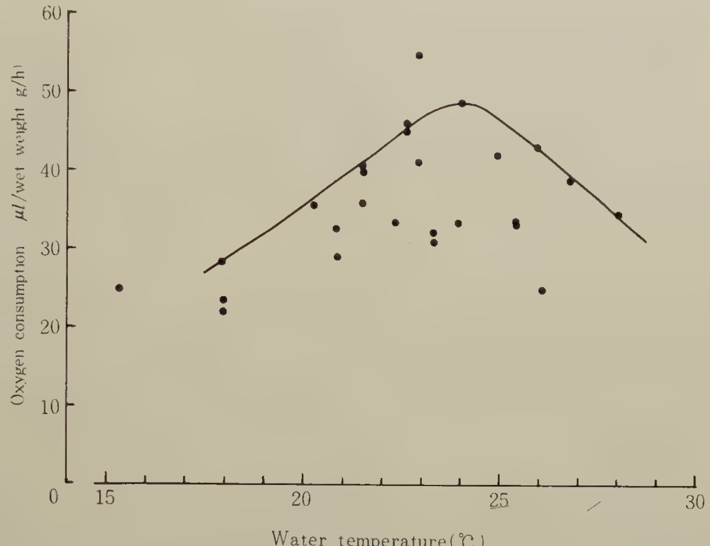



Fig. 3 Oxygen consumption in relation to water temperature of *Fulvia mutica*. See Table 1 for the details of each measurement.

Table 2. Experimental conditions in oxygen consumption and dissolved oxygen relation for *Fulvia mutica*. (1976)

| Date | W. T. (°C) | S(‰) | DO of inflow (ml/l) | $O_2$ saturation (%) | Water supply (l/h) | $O_2$ consumption (μl/wet g/h) | Shell length (mm) | Meat weight (wet g) | Water content (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oct. 27 | 19.8 (19.7–19.8) | 29.0 | 0.812 (0.62–0.90) | 14.5 | 18 | 8.4 (7.7–9.4) | 79.3 | 36.2 | 90.5 |
| Nov. 8 | 19.8 (19.7–19.9) | 30.0 | 1.256 (1.04–1.53) | 22.5 | 18 | 20.5 (16.9–24.6) | 79.9 | 37.8 | 90.1 |
| Nov. 9 | 19.8 (19.7–19.8) | 30.0 | 1.376 (1.15–1.49) | 24.7 | 18 | 24.5 (22.2–26.0) | 83.4 | 36.9 | 90.6 |
| Nov. 4 | 19.9 (19.4–20.3) | 30.3 | 2.044 (1.81–2.41) | 37.0 | 18 | 34.4 (28.8–40.7) | 81.1 | 43.0 | 90.6 |
| Nov. 4 | 19.9 (19.3–20.3) | 30.3 | 2.548 (2.30–2.60) | 46.2 | 18 | 37.0 (33.7–40.5) | 85.2 | 44.2 | 90 2 |
| Nov. 9 | 19.5 (19.5–19.6) | 30.0 | 3.578 (3.00–4.23) | 64.1 | 18 | 34.2 (31.9–35.6) | 81.7 | 36.0 | 89.8 |
| Nov. 26 | 20.3 (20.2–20.5) | 30.3 | 5.098 (4.94–5.24) | 93.0 | 30 | 35.8 (29.0–49.5) | 78.3 | 33.3 | 89.2 |

Measurements in the parentheses indicate minimum and maximum.

**水温の違いによる酸素消費量の変化**

供試貝を呼吸室に収容後酸素消費量の比較的安定した5回以上の値について平均値を求め，湿肉1g，1時間当りの酸素消費量を15～28℃の範囲について算出した。結果は Table 1 および Fig. 3 に示した。平均殻長63～85mm，平均湿肉重量27～44gの満1年前後のトリガイの酸素消費量は15～28℃の範囲ではかなり変動するが15～24℃付近までは温度の上昇と共に増大し，最大値を結んだ線でみると24℃で 49 μl/g/h を示し，26℃以上では減少する傾向がみられ，水温23～26℃に変曲点があることをうかがわせた。

**低酸素水中における酸素消費量の変化**

実験水槽の海水中に窒素ガスを送気することにより溶存酸素量を低下させ，低酸素水中における酸素消費量を測定した。その結果を Table. 2 および Fig. 4 に示す。

水温が約20℃の場合，溶存酸素量が2ml/l以上（酸素飽和度37%以上）では酸素消費量は 35 μl/g/h 前後でほぼ一定しているが，2ml/l以下では酸素消費量は急激に低下し，溶存酸素量が0.8ml/l では酸素消費量は通常の¼程度に減少した。

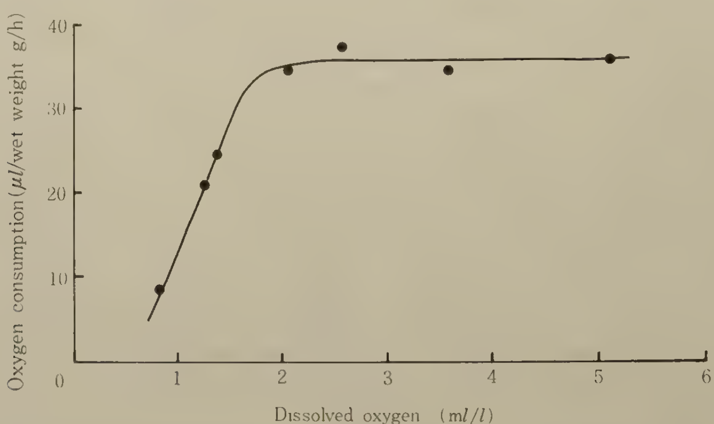



Fig. 4 Relationship between oxygen consumption and dissolved oxygen of *Fulvia mutica*. Refer to Table 2 for the experimental conditions.

トリガイは通常左右の外套膜を互いに接した状態で開殻し，入，出水管を出して吸排水しているが衰弱してくると両外套膜縁辺部が離脱し，さらに状態が進行すると開殻巾が広くなり，弛緩した足部を殻外へ露出するようになる。呼吸室に収容された供試貝のすべてが異常な状態を示したのは溶存酸素量が 0.81 ml/l 区で，呼吸室へ収容後3時間でみられた。しかし，6時間後の実験終了時でもピンセットで足部を刺激すると収縮する反応がみられ，酸素飽和海水に戻すと平常に復した。

**低酸素水中における異状開殻とへい死**

低酸素水中における酸素消費量の実験結果からトリガイのへい死に至る時間はかなり長いことが観察されたので，実験水槽に海水を満し窒素ガスを送気して低酸素海水を調整し，実験水槽に直接供試貝を収容して時間経過に伴う異常開殻とへい死の状況を観察した。実験条件は Table 3 に示すように溶存酸素量を A区 0.5ml/l, B 区 1ml/l C 区 1.5ml/l, D 区 2ml/l, E 区 2.5ml/l, F 区は対照として5ml/l 前後に設定しようとした。長時間にわたり水槽中の溶存酸素量を一定に保つことは容易でなく，Fig. 5 に示すように相当の変化がみられた。

ここで異常開殻とは左右両外套膜が離脱した状態をいい，このような貝は間もなく足部を殻外に弛緩して露出するようになる。足部をピンセットで強く刺激しても反応のほとんどみられない場合は一応へい死個体

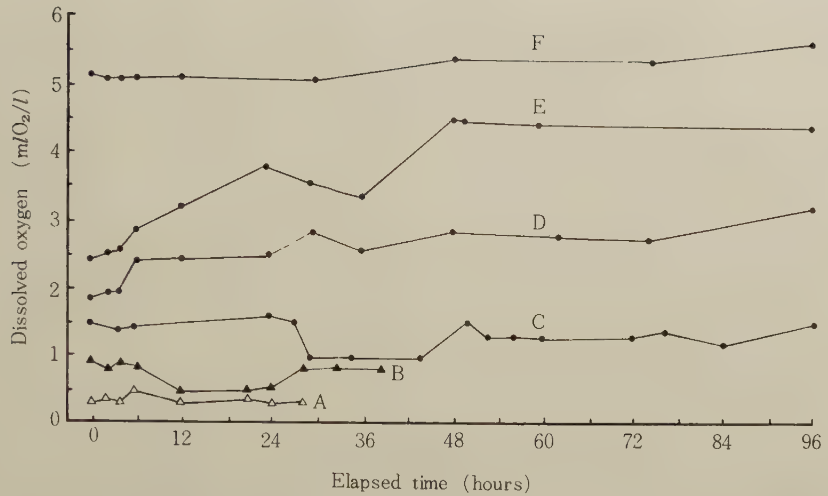



Fig. 5 Fluctuation of dissolved oxygen in the experiment of different oxygen level. Lot A-E are maintained by bubbling of Nitrogen gas. Lot F is kept by filtered sea water aerated. Lot A and B were ended at the time of death of examined shells. Refer to Table 3 for the details.

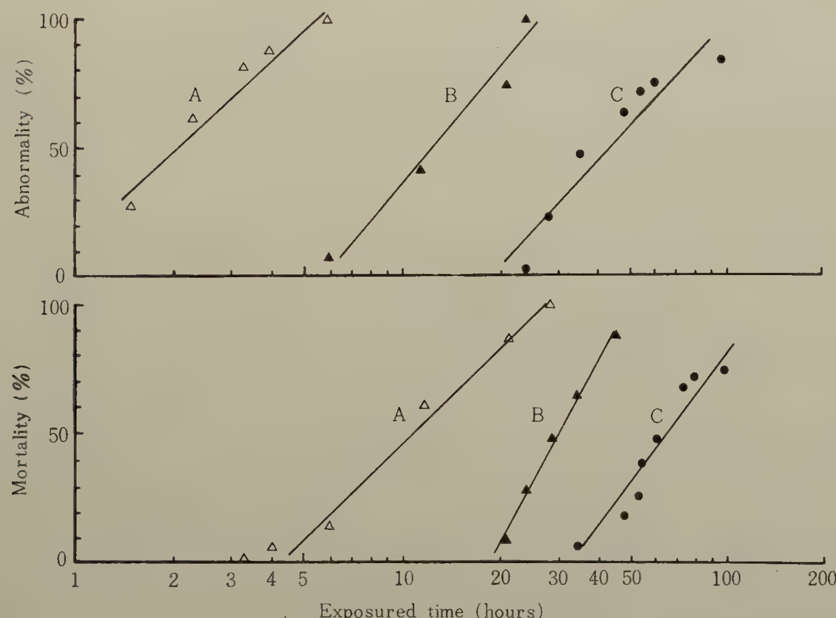



Fig. 6 Influence of lower oxygen level on survival and abnormality in *Fulvia mutica*. Open triangles indicate a oxygen level of 0.33 – 0.54, 0.48 – 0.92 $O_2$ level for closed triangles and 0.84 – 1.57 $O_2$ level for closed circles, respectively. See Figure 5 and Table 3 for the details. Abnormality of shell is decided by response for stimuli of picking and mortality also by succeeding rearing after the experiment in fresh sea water.

Table 3. Experimental conditions of influence of different oxygen level on mortality and abnormality in *Fulvia mutica*. Refer to Figure 5 for fluctuation of dissolved oxygen. (1976)

| Lot | Date and time | W. T. (°C) | S (‰) | DO (ml/*l*) | N |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Oct. 27, 12:10–Oct. 28, 16:30 | 18.8–20.0 | 29.0 | 0.33–0.54 | 17 |
| B | Oct. 27, 12:10–Oct. 29, 9:00 | 19.3–20.7 | 29.0 | 0.48–0.92 | 25 |
| C | Nov. 9, 9:00–Nov. 13, 10:00 | 14.9–18.2 | 30.4 | 0.84–1.57 | 31 |
| D | Nov. 4, 11:00–Nov. 8, 11:00 | 18.5–20.4 | 30.3 | 1.85–3.26 | 30 |
| E | Nov. 4, 11:00–Nov. 8, 11:00 | 18.2–20.4 | 30.3 | 2.34–4.50 | 30 |
| F | Nov. 4, 11:00–Nov. 8, 11:00 | 17.4–19.7 | 30.3 | 5.06–5.47 | 20 |

N, Number of shell examined.

として取り出し，酸素飽和海水に収容しても死に至ることを確認した。異常開殻とへい死の状態は累積率として Fig. 6 に示した。各溶存酸素量区における供試貝の状態は次のようであった。

A 区：溶存酸素量は0.33～0.54 ml/*l* の範囲で変動した。異常開殻は収容後１時間で起り始め，５時間後には全数が異常となった。へい死は４時間で起り始め，24時間で全個体がへい死した。

B 区：溶存酸素量は0.48～0.92 ml/*l* の範囲で，12時間後から半日にわたり0.5 ml/*l* 前後の値が続いた。６時間後に異常開殻個体がみられはじめ，20時間で全個体が異常開殻を示し，40時間ですべてへい死した。

C 区：24時間後まで1.5 ml/*l* を保持したが，その後15時間にわたり１ml/*l* と低下した後1.4 ml/*l* に復した。24時間後に異常開殻がみられ，35時間でへい死しはじめ，60時間で約半数がへい死した。

D, E, F 区：D区が1.85～3.26 ml/*l*, E 区が2.34～4.50 ml/*l*, F 区が5.06～5.47 ml/*l* の範囲で溶存酸素量の変動はみられるが，実験を行った96時間内では異常開殻個体は全くみられなかった。これらの結果から水温20℃付近では溶存酸素量が２ml/*l* 以上では外見上影響がみられず，1.5 ml/*l* 以下では比較的短時間で異常開殻を示し，へい死に至ることが明らかとなった。

## 考　　　　察

二枚貝類の酸素消費量は同一種では一般に個体重量が増加すれば単位重量当りの酸素消費量は減少することが知られている。[11)12)] 本実験では満１年前後の湿肉重量が27～44 g/個のトリガイについて，これを１群とみなした考察した。水温の違いによって酸素消費量は大きな変化を示し，ある温度までは水温の上昇と共に酸素消費量は増加し，それを越えると酸素消費量は減少する。この温度は大型のハマグリで28℃[11)]，ホッキガイ，チョウセンハマグリ[13)]，コタマガイで25℃付近[14)]，Queen scallop[15)]は15℃で，この温度以上では酸素消費量は減少する。一方小型のハマグリで８～33℃[11)]，２年生のアコヤガイで13～33℃[16)]，コタマガイの稚貝[14)]で10～30℃，ヤマトシジミで18～33℃[17)]まで測定した結果によるとこの温度範囲では水温の上昇に伴って酸素消費量は増加し続ける。このように種により，また発育段階により温度に対する反応は異なる。一般に暖海域に生息している種が比較的高水温まで酸素消費量が増加する傾向がみられる。

トリガイの水温と酸素消費量の関係は23～25℃までは水温の上昇と共に消費量は増加し，これ以上の水温では減少傾向がみられることから25℃付近に変曲点がみられ，これを越えた水温のもとでは抵抗力が弱まり環境変化の影響を受けやすいものと推測される。

溶存酸素量の低下による酸素消費量の減少は種類によって差がみられ，位田[17)]らはヤマトシジミで水温25～28℃，溶存酸素量4 ml *l*（酸素飽和度68～72％）以下で酸素消費量は低下しはじめ，Djangmah[18)]らによるとリュウキュウサルボウガイ属の *Anadara senilis* で水温25℃酸素飽和度50％（2.4 ml/*l*）以下で低下しはじめ，10％で正常時の61％に，10％以下では急激に低下し，利用率は正常時の25％まで低下するという。

森[8]は，アコヤガイで水温21～23℃，溶存酸素量0.5 ml/l 以下で著しい消費量の減衰をおこし，山本[19]はホタテガイで溶存酸素量が成貝で0.34 ml/l，稚貝（殻長10mm以下）で2.5 ml/l に低下すると急激に酸素消費量が落ちることをそれぞれ報告している。一方，川本[20]はハマグリが水温30℃，溶存酸素量0.3 ml/l 以下でも心臓搏動数に変化はみられず，低酸素に対して抵抗力の大きいことを報告している。

トリガイは水温20℃前後で酸素消費量に影響のあらわれ始める溶存酸素量は2 ml/l（飽和度37%）と比較的低い値であるが，1 ml/l では酸素消費量は正常時の40%と急激に低下し，1 ml/l 以下の低酸素水中における利用率は他の二枚貝類に比べ低いようである

溶存酸素量の低下や塩分低下など環境の悪化に対して殻を閉じることができる貝類では田村の報告[6]から引用すると，Galtossoff は完全に閉殻状態を持続しているカキは4時間にわたり全く酸素消費の行われないことを認めており，Collip も *Venus mercenaria* が完全に閉殻状態にある時は酸素を全く消費しないかあるいは極めて僅かに消費するに過ぎないことを報告している。また Berely は *Mya arenaria, Papia staminea, Saxidomus gigantea* では無酸素状態においても炭酸ガスの放出が確認されており，Collip は *Mya arenaria* が閉殻中は無気呼吸を行い，炭酸ガスを放出し，貝殻を溶かしてカルシュームの重炭酸塩を作り血液アルカリレザーブを増加し，血液の pH 低下を防いだものと推定している。

ヤマトシジミ[17]や *Anadara senilis*[18] などでは無酸素状態から再び好気的な条件にもどすと酸素消費量が標準時の2～5倍に増加することが報告されている。

このように閉殻できる二枚貝類は溶酸素量の低下に対して種々の防御機構を持ち抵抗力の強いものが多いが，トリガイは完全に閉殻することができず，外囲水が体内にはいるため外囲環境の変化を直接受けやすく，他の二枚貝類に比べ反応も早い。水温20℃前後で溶存酸素量1 ml/l以下では40時間，0.5 ml/l 以下では24時間で全個体へい死をみている。

燧灘における最近のトリガイへい死事例とその時の底層水の溶存酸素量および水温の関係を矢野[21]，真鍋[4]および南西海区水研資料[22]からみると1972年9月初旬の燧灘東部では酸素飽和度10%以下，水温25～26℃，73年8月下旬は酸素飽和度20%，水温26～27℃，78年8月10日頃の溶存酸素量は2 ml/l 以下と推定され，8月17日は1 ml/l 以下，水温は25～26℃であった。これらの結果からトリガイのへい死は水温25～27℃，溶存酸素量1 ml/l前後で発生しているものと推測される。

海域における高温期のトリガイへい死の原因は実験結果からも推測されるように溶存酸素量の低下が大きく影響をおよぼしているものと考えられる。

## 摘　　　　要

泥底性二枚貝であるトリガイの，酸素消費および低酸素水中における性状などからへい死原因について検討した。

1）流水式酸素消費測定装置により広島湾産満1年前後の貝について，酸素消費量を測定した。トリガイの酸素消費量は水温により大きく変化し，15～24℃までは水温の上昇と共に増加し，24℃で最大49 μl/h を示したが26～28℃では低下した。

2）溶存酸素量を低下させると水温約20℃の場合2 ml/l 以上では酸素消費量は，ほぼ一定であるが，これ以下では急激に低下した。

3）低酸素水中では，他の二枚貝類のように閉殻できないため水温約20℃の場合2 ml/l 以上では異常は認められないが，1 ml/l 以下で40時間，0.5 ml/l 以下では24時間でへい死し，他の貝に比べ抵抗性が弱いものと推測された。

4）燧灘におけるへい死時の温度および溶存酸素量の測定結果から，天然海域でも高水温期（25～27℃）には溶存酸素量の低下（1 ml/l 前後）がへい死に最も大きく影響しているものと考えられた。

# 文　　献


1）野上和彦，1975：瀬戸内海の魚介類，3，瀬戸内海水産開発協議会．17－19.

2）野上和彦，1978：二枚貝類の異常発生．貝類の生物学並びに増養殖技術に関する既往資料，南西海区ブロック会議貝類技術部会．109―115.

3）愛媛県，1972：愛媛県燧灘魚貝類大量死亡原因調査報告．1―76.

4）真鍋寛定，1978：燧灘東部海域における溶存酸素量変化．香川水試事報昭和51年度．21―30.

5）林　功，北原　武，天野泰秀，多胡信良，岸本源次，神薗真人，1979：トリガイの異常斃死による生産阻害とその回復対策のための調査．福岡豊前水試研業報昭和51年度，67―101.

6）田村　正，1939：各種海産貝類の呼吸に及ぼす外囲変化の影響　Ⅲ環境水の溶存酸素量が酸素消費量に及ぼす影響，水産学雑誌，（44），64―72.

7）田村　正，1939：各種海産貝類の呼吸に及ぼす外囲環境変化の影響　Ⅳ環境水の塩分濃度が貝類の酸素消費量に及ぼす影響．植物及動物，**7**（12），2025―2032.

8）森　主一，1948：低圧$O_2$海水中のアコヤガイの呼吸（予報），貝雑，**15**（1―4），52―54.

9）宮内徹夫，入江春彦，1966：低圧酸素海水中におけるアコヤガイの酸素消費量と貝殻運動．長大水産研報，（21），139―144.

10）Ghiretti. F., 1966 : Oxygen Consumption. 194-208. In Physiology of Mollusca. Wilbur K. M. and C. M. Yonge (ed.), Academic Press.

11）川本信之，1967：千葉県沿岸における蛤大量斃死原因調査報告書，千葉県，1―32.

12）伊藤克彦，1976：異なる水温条件下におけるアコヤガイの酸素消費量ならびにアンモニア態窒素排泄量と肉重量との関係，国立真珠研報，（20），2254―2275.

13）安永義暢，1980：砂浜性二枚貝の移殖時の減耗に関する基礎的考察，日水研報告，（31），73―85.

14）安永義暢，1980：日本海産コタマガイの資源生物学的研究，日水研報告，（31），87―113.

15）Mclosky, O. S., 1973 : The Effect of Temperature on the Oxygen Consumption and Filteration Rate of *Chlamys* (*Aequipecten*) *opercularis* (L) (Bivalvia). Ophelia, 10(2),141-154.

16）植本東彦，1968：アコヤガイの酸素消費量と水温との関係について，国立真珠研報，（13），1617―1623.

17）位田俊臣，浜田篤信，1975：酸素欠乏にともなうヤマトシジミの代謝変動について．水産増殖，**23**（3），111―114.

18）Djangmah, J. S., J. Davenport and S. E. Shumway, 1980 : Oxygen Consumption of the West African Blood Clam *Anadara senilis*. Marine Biology, (56), 213―217.

19）山本護太郎，1950：陸奥湾産ホタテガイの増殖に関する研究，青森県水産資源開発調査報告，（1），145―167.

20）川本信之，1969：大量斃死原因調査報告書（第二回），千葉内湾水試委託試験研報，1―7＋Ⅻ.

21）矢野　純，1977：燧灘貧酸素水塊形成．愛媛水試研報，（1），9―17.

22）南西海区水産研究所，1978：瀬戸内海浅海定線調査　特殊項目測定資料　昭和47―51年度，1―304.

Bull. Nansei Reg. Fish. Lab. (13) 29~40 (1981)

# 土佐湾の海洋構造について—II
# 表面水温

坂 本 久 雄

# Oceanographical Structure in the Tosa Bay—II.
## Surface Water Temperature

Hisao SAKAMOTO

Using the harmonic analysis technique, the variation of mean surface water temperature of every 10-day interval measured at each station was examined.

1. The annual mean surface water temperature of entire bay was observed as 21.74°C, the minimum (16.77°C) was found in the first 10-days in March. While, the maximum (27.90°C) was noticed in the 2nd 10-days in August.
2. The width of variation (2 times of amplitude) of yearly period component which was reflected by the yearly change of every 10-days surface water temperature measured at each station was found as 9.4°—11.2°C. The Phase (date of appearance of the maximum surface water temperature) was noticed from 15 to 21, August.
3. The seasonal change in the distribution of mean surface water temperature was clarified. The transportation of coastal surface water of Tosa Bay was actually influenced seriously with the drift current originated from the prevailing wind there.
4. The percentage of the amount of Kuroshio water in Tosa Bay presumed depending on the mean surface water temperature was 19.5% as yearly mean. The maximum was 41% in August, and the minimum was 11% in June.
5. Characteristics of mean surface water temperature in three circulation currents in the present bay was also clarified.

前報[1)]では土佐湾大陸棚上で実施した25時間の表層潮流観測結果を解析し，土佐湾は恒流成分からみて，3つの環流系によって構成されていることを指摘した。本報では表面水温の平均値と，その年周変化の振幅・位相および外洋水の影響などについて，地域差，季節変化を明らかにし，その要因について考察を行なった。また，環流系の特性についても検討し，2，3の知見を得たので報告する。

本報告をとりまとめるにあたって，御指導と校閲をいただいた南西海区水産研究所海洋部長服部茂昌博士，同部第一研究室宮田和夫室長に深謝する。また，図版作成に協力いただいた百田方子技官に心からお礼申し上げる。

## 資料および方法

表面水温資料は1965年から1976年の間に，高知県水産試験場が漁況海況予報事業の一環として実施された

1980年12月9日受理，南西海区水産研究所業績 第104号

沿岸定線調査のものを用いた。本報では Fig. 1 に示した観測位置24点について，旬毎の平均表面水温を確定するべく資料整理を行なった。旬別の観測回数は観測が二旬にまたがっている場合には両方の旬でそれぞれ一回行なわれたことにして Table 1 に示してある。資料数が少ない旬，または資料が欠けている旬については，以下の処理を行なって旬平均表面水温を推定した。

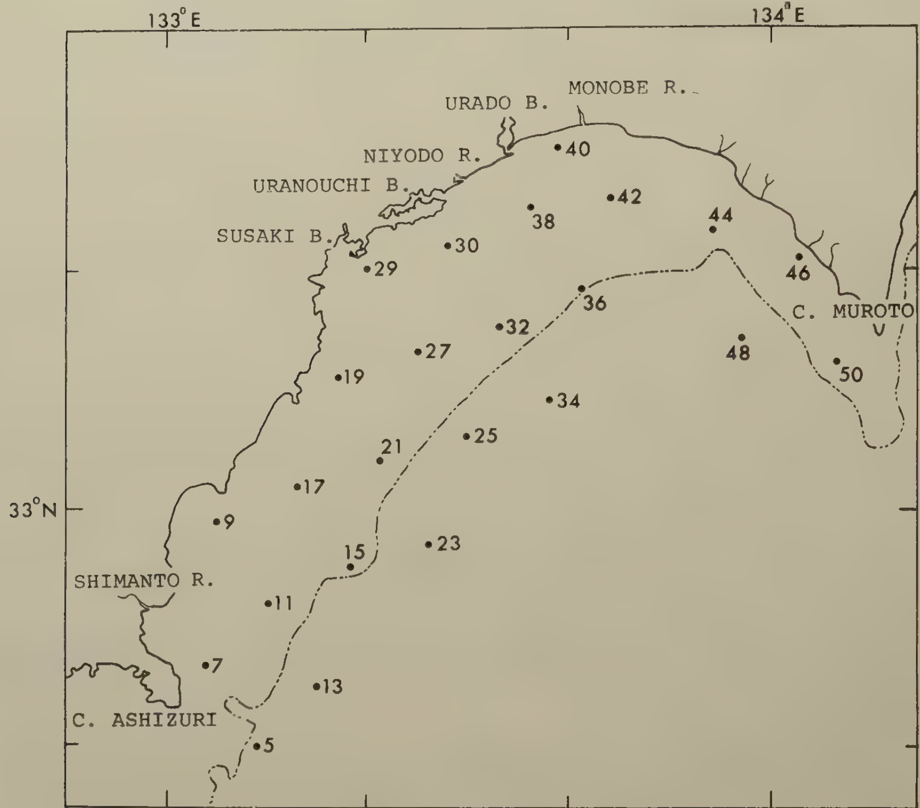



Fig. 1 Station of the observation.

Table 1. Number of observation in month and ten-day.

| Ten-day \ Month | Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| The first ten day | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| The middle decade | 7 | 4 | 11 | 2 | 4 | 5 | 7 | 7 | 4 | 5 | 11 | 8 |
| The last ten day | 4 | 6 | 4 | 7 | 6 | 4 | 5 | 4 | 2 | 10 | 3 | 1 |

まず，全観測点について旬毎の算術平均表面水温を計算し，その旬変化図を作成するとともに，その図に年周変化曲線をフリーハンドで描いた。そして，(1)資料が欠けている旬については年周変化曲線と時間軸と

の交点を読み取った。2資料数が3個以下の平均値であり，年周変化曲線より1.5℃以上（全観測点の図面より主観的に判断した基準）離れている場合は，その平均値と年周変化曲線上の値との中間値をその旬の平均表面水温とした。

## 結果と考察

### 1. 調和分析法による旬平均表面水温の計算

Fig. 2 は上記の方法でもとめた旬毎の表面水温を，土佐湾のほぼ中央に位置した st. 27 を例に示したものである。図中の点線は旬別算術平均表面水温（黒丸印）をもとに年周変化曲線をフリーハンドで描いたものであり，白丸印は推定値を示したものである。各旬の平均表面水温値は，年周変化曲線との偏差が大きいものもみられるが，これは旬毎の資料数が非常に分散している（Table 1）ことに起因しているものと考えられる。

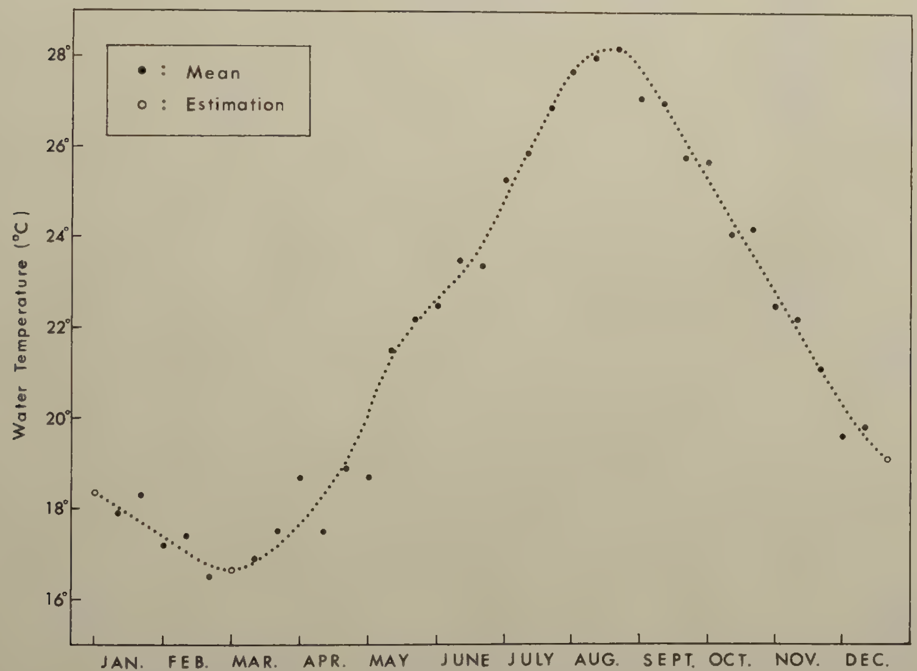



Fig. 2 Ten-days mean surface water temperature and annual change curve on the st. 27.

Table 2 は Fig. 2 に示した st. 27 での旬毎の表面水温の年周変化を調和分析し，各周期に対する振幅と位相を示したものである。振幅は1年周期が5.25℃であり，½年周期はその10%程度となっている。⅓年周期より短い周期はさらに小さくなっている。

Fig. 3 は st. 27 における1965年から1976年の間の日別表面水温（黒丸印）と，調和分析結果にもとづく平均値に，Table 2 に示した1年，½年，⅓年，¼年周期成分を加えた合成値（破線）を示したものである。合成値の描く曲線は日別の表面水温分布のほぼ中央に位置している。このことから，本報では¼年までの周期を主成分と考えて，次式によって得られる水温値を旬平均表面水温として取り扱うことにする。

Table 2. Harmonic constant of annual change on the ten-day mean of surface water temperature in the st. 27.

| Period year | Water temperature (°C) | Phase log (°) |
|---|---|---|
| 1.000 | 5.25 | 227.9 |
| 0.500 | 0.60 | 74.4 |
| 0.333 | 0.18 | 351.3 |
| 0.250 | 0.16 | 152.0 |
| 0.200 | 0.26 | 22.3 |
| 0.167 | 0.19 | 141.2 |
| 0.143 | 0.20 | 246.2 |
| 0.125 | 0.15 | 341.4 |
| 0.111 | 0.07 | 184.3 |
| 0.100 | 0.06 | 212.5 |
| 0.091 | 0.08 | 240.0 |
| 0.083 | 0.09 | 191.5 |
| 0.077 | 0.06 | 204.1 |
| 0.071 | 0.16 | 103.5 |
| 0.067 | 0.16 | 207.2 |
| 0.063 | 0.37 | 344.9 |
| 0.059 | 0.09 | 336.4 |
| 0.056 | 0.06 | 180.0 |

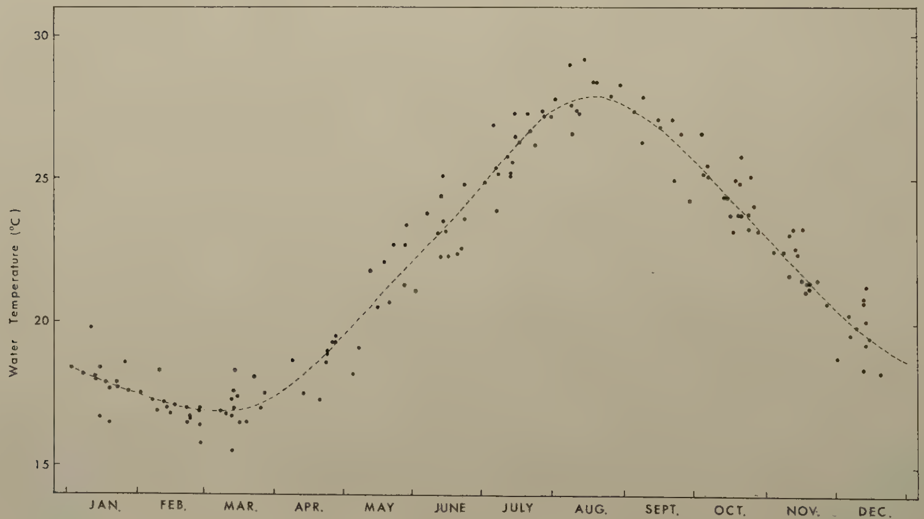



Fig. 3 Surfacce water temperature of the days and annual change curve on the st. 27. Annual change curve is composed wave on the mean and harmonic constant of the 1, 1/2, 1/3, 1/4, annual period in the harmonic analysis.

$$T=t_0+t_1\cos(\theta-\varepsilon_1)+t_2\cos(2\theta-\varepsilon_2)+t_3\cos(3\theta-\varepsilon_3)+t_4\cos(4\theta-\varepsilon_4)$$

ここで $t_0$ は年平均表面水温，$t_1$・$\varepsilon_1$ は１年周期の振幅・位相，$t_2$・$\varepsilon_2$，$t_3$・$\varepsilon_3$，$t_4$・$\varepsilon_4$ はそれぞれ½，⅓，¼年周期の振幅と位相である。また，θは360°/36旬である。

ここでは，st. 27 を例に調和分析結果にもとづく平均値に，主変動である１年，½年，⅓年，¼年周期成分を加えた合成値と実況との比較を行なったが，他の観測点についても検討したところ，ほぼ同じ結果を得た。そこで，各観測点について，上式により旬平均表面水温を計算し，その結果を Appendix table 1 に示してある。

**2.　年平均表面水温について**

土佐湾内の各観測点における年平均表面水温は21.23℃～22.16℃であり（Fig. 4）その差は１℃以内を示し変化が少なく，開放性外湾としての特性を示していると考えられる。なお，土佐湾全域の年平均表面水温は21.74℃であり，その季節変化は３月上旬に最低（16.77℃），８月中旬に最高（27.90°C）を示し，年較差は11.13℃である（Appendix table 1)。なお，その変化は昇温期には旬平均0.69℃，降温期には0.56℃であり，昇温期の方が大きい。これらの結果は山重[2]の計算結果ともほぼ一致している。

年平均表面水温の等温線は須崎湾の南で陸岸に対して舌状に突出しており，この付近を境に東側と西側の水域で海況特性が異なる様相を示している。東・西両水域での等温線はいずれもほぼ陸岸に沿って形成され，沿岸域で低温，沖合域で高温となっている。低温域の中心は物部川河口周辺，浦ノ内湾，須崎湾沖，および四万十川河口周辺域といった，内湾水・河川水の流入する水域にみられる（Fig. 4)。

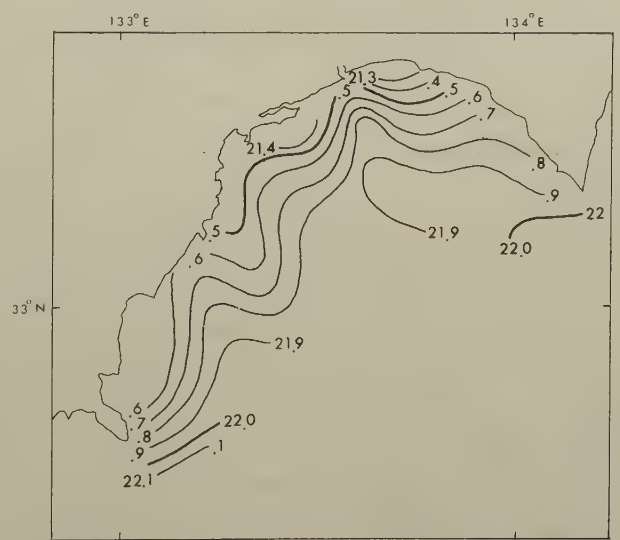



Fig. 4　Distribution of the annual mean surface water temperature.

**3.　１年周期成分の振幅と位相分布**

土佐湾の旬平均表面水温にみられる変動幅（１年周期成分の振幅の２倍）は，沿岸から沖合にかけて小さくなっている。分布状況は中部沿岸域でとくに大きく11.2℃を示し，その東・西両沿岸域では10.0℃～10.8℃を示して西部水域がやや少さい（Fig. 5)。Fig. 1 をみてもわかるように，土佐湾中部には内湾・河川が多く，また土佐湾東部は西部に比較し河川が多い。すなわち，表面水温にみられる１年周期成分の振幅は，陸水の流入量が多い水域で大きく，沖合水の影響が強い水域で小さい。このことは，宮地[3]が指摘しているように有明海における振幅は，外海水の影響を直接受けている湾口から干潟の発達した湾奥（筑後川河口）に向かうにしたがって大きくなることとも一致している。

なお，変動幅の最小値は足摺岬近海の9.4℃であり，室戸岬近海に比べ１℃小さい（Fig. 5)。著者[4]は足摺岬及び室戸岬沖における黒潮主軸位置の出現状況は，足摺岬沖が室戸岬沖より接岸して流去することが多いことをすでに明らかにしている。このことから，両岬近海にみられる上記の振幅の差は黒潮主軸位置の違

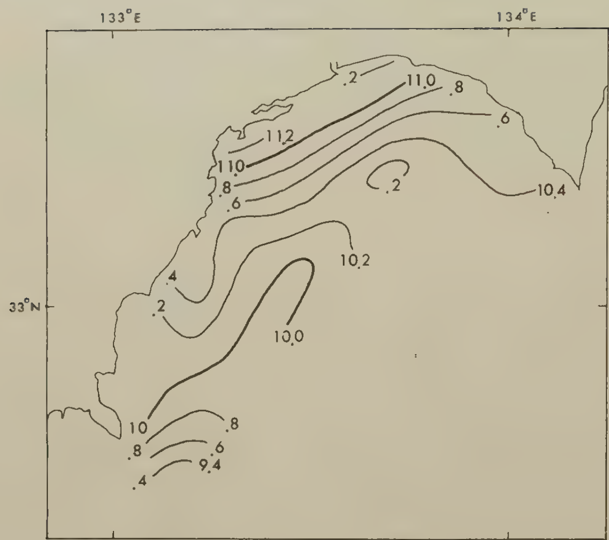



Fig. 5 Distribution of change width (two-times of amplitude) in the annual period.

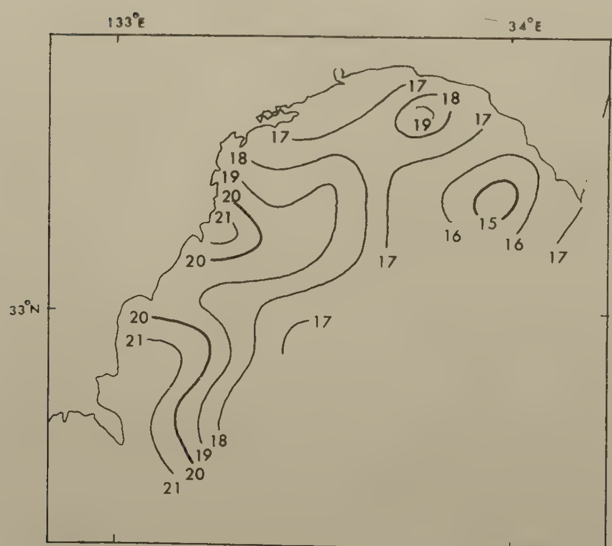



Fig. 6 Distribution of phase in the annual period. The phase showed the day of the highest surface water temperature. The appearance month is August.

いに起因しているものと推察される。

1年周期成分の位相からみた最高水温の出現日は8月15日〜21日を示し，その地域的位相差は東寄りの水域で早く，西寄りの水域で遅くなっている。なお，足摺岬東側の沿岸域は湾内でもっとも位相の遅い水域となっている（Fig. 6)。

1970年から1979年の間の足摺岬と室戸岬における旬平均気温[5] から1年周期成分の位相（最高温度の出現日）を計算すると，7月29日または7月30日となる。土佐湾での最高水温出現日は，これらに比べて16〜23日間の遅れを示している。宮地[3] は外洋での表面水温の位相が気温に比べて26日の遅れを示すこと，また陸水の影響を直接に受ける水域の表面水温は気温と同位相で変化することを指摘している。このことから考えると，土佐湾は全般に外洋水の影響を強く反映しており，なかでも西寄りの水域でその傾向が強いと言える。

## 4. 表面水温分布の季節変化

Fig. 7 は各月の中旬における平均表面水温分布を示したものである。低温域は1—3月には中部沿岸域にみられるが，4月から6月にかけて西方に移行している。なお，低温域が6月には河川の多い東部沿岸域にも拡がってみられるが，これはこの月が梅雨期に相当し河川水の流入による影響と考えられる。7・8月には須崎湾 SE 沖以西に低温域が偏より，沿岸から沖合にかけて広く分布している。9月には東方への移行がみられ中部域に分布し，10—12月にはさらに中部沿岸域から東部域に偏在している。一方，高温域は低温域の変動にともなって東西に移動してみられる。

斉藤[6] は北半球における海岸近くの水の運動におよぼす風の影響は，①風

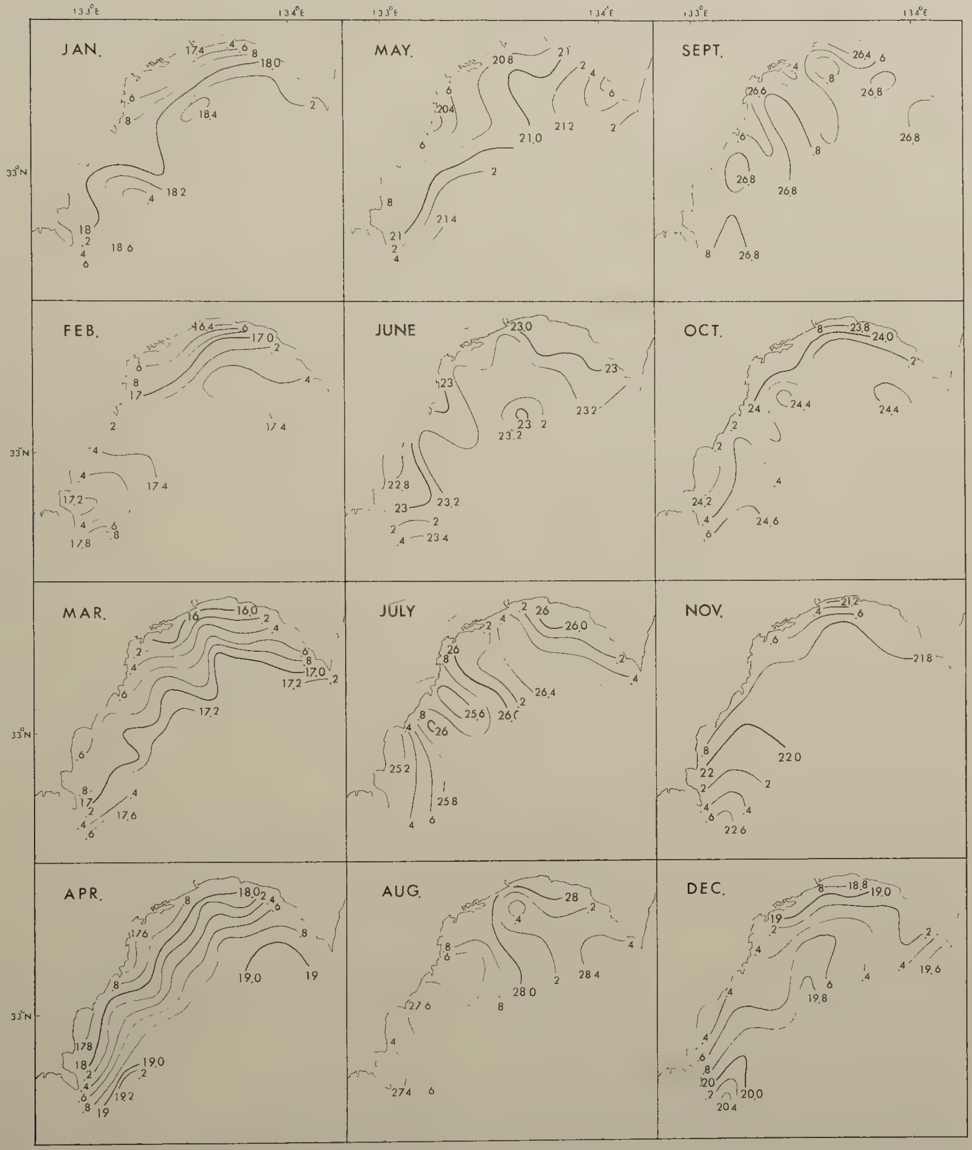


Fig. 7 Distribution of the mean surface water temperature in the 11-20 days of a month.

が海岸に直角な方向に吹く場合には，海岸に平行な吹送流が起る。②風が海岸に平行な成分を有するときは，海岸に向かうか，または遠ざかる水の輸送が起ることを指摘している。Fig. 8 は1978，1979年の2か年間における土佐湾沿岸4地点の風配図[5] および斉藤の理論から描いた南・北方向の卓越風の連吹によって起る表層水の輸送方向を模式的に示したものである。各地にみられる南寄りの風は，須崎では4－9月の間，他の所では6－8月の間に卓越している。この南寄りの風は土佐湾沿岸の表層水を東方に輸送する役割を果すことが考えられる（Fig. 5）。しかし，土佐湾沿岸の低温水はこの南寄りの風が連吹する7－8月には西部域に

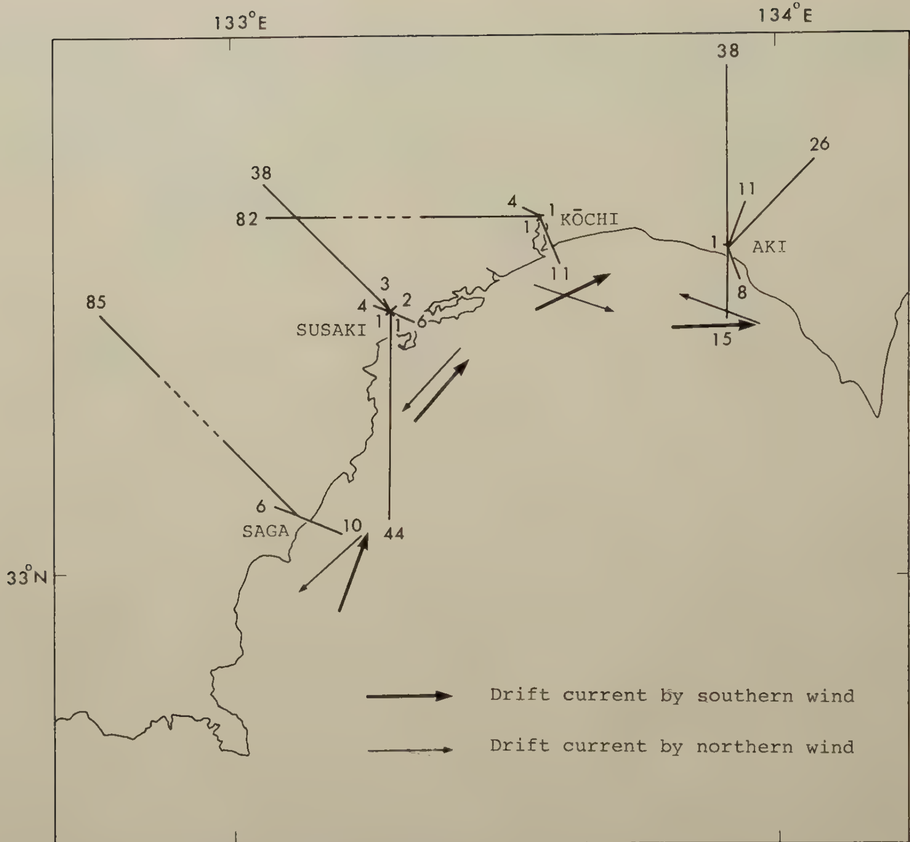



Fig. 8 Wind rose (from 1978 to 1979) and schematic drift current by excellence wind of north and south direction in the each place.

偏在しており，秋季に東部域に分布する。そして，北寄りの風が吹き出す秋季には東部域に分布し，冬季には東部域から中部域へと西偏する。このように，土佐湾沿岸の表層水の輸送と卓越風の連吹の間には時間的差異がみられる。

## 5. 表面水温にみられる黒潮の影響度

土佐湾は外洋的な性質が強いことを明らかにしたが，どの程度外洋水の影響を受けているかを示すために，平均表面水温から推算される黒潮系水の割合を計算した。

大気と海洋の間の熱交換は土佐湾，黒潮域ともに同程度の大きさであると仮定すると，各観測点における黒潮系水の割合(W)は次式で求められる。

$$W=\frac{t-c}{k-c}$$

t ：観測点の表面水温

k ：黒潮域の表面水温

c ：土佐湾沿岸低温域の表面水温

kは中村他[6]によって算出された足摺岬と室戸岬沖における黒潮表面水温の平均値を用いた。cは土佐湾全域の平均表面水温からその標準偏差を減じた水温である。なお，この計算式は友定[8]らの理論に準拠して作成したものである。

土佐湾における黒潮系水の割合の年平均値は35%以下を示し，その分布は年平均表面水温の分布と同じ様相を示している（Fig. 9)。年平均表面水温分布と対応してみると，15%以下（21.6℃以下）を示す水域は河川水等の影響を強く反映した土佐湾沿岸水域といえる。また，25%以上（21.9℃以上）の水域は沖合性の強いところといえる。

土佐湾全域の月別黒潮系水の割合は各観測点での計算結果を算術平均して求め Fig. 10 に示した。土佐湾の平均表面水温に占める黒潮系水の割合は年平均19.5%である。これは，鹿島灘北部沿岸域（距岸15海里以内36°30′～37°00′N，141° E以西海域）と同じ割合である[8]。その季節変化は1月に年平均を若干上回り20%台を示すが，2－

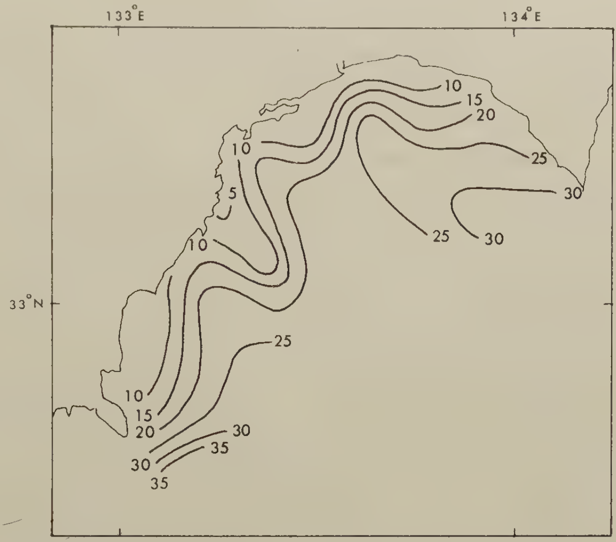



Fig. 9 Ratio of Kuroshio water in the surface water temperature of Tosa Bay in (%).

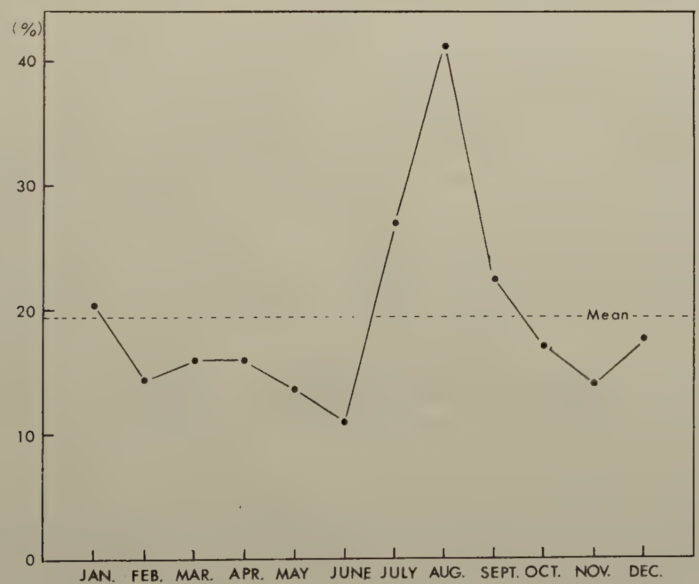



Fig. 10 Seasonal change on the ratio of Kuroshio water in the surface water temperature of Tosa Bay.

5月の間には14〜16%とやや少なくなり，6月にはさらに少なくなって11%を示し年間で最小となっている。7月には年平均を大巾に上回り27%になり，8月にはさらに増加し41%を示し年間で最高の割合を示している。9月には年平均をやや上回るものの8月に比べ大巾に減少し，10—12月には年平均を下回り14〜18%を示している。

Fig. 7 をみると，黒潮系水の割合が最小となる6月には沖合水が湾の中央より流入し，割合の高い7・8月には室戸岬沖から流入する状況を示し，黒潮系水の割合が沖合水の流入パターンによって異なる傾向がうかがえる。

## 6. 土佐湾における環流系の特性

土佐湾における表面水温分布の特性および黒潮系水の割合と，前報[1)]で指摘した3つの環流系の模式図(Fig. 11) とを併せて比較検討すると次のような特徴が認められる。

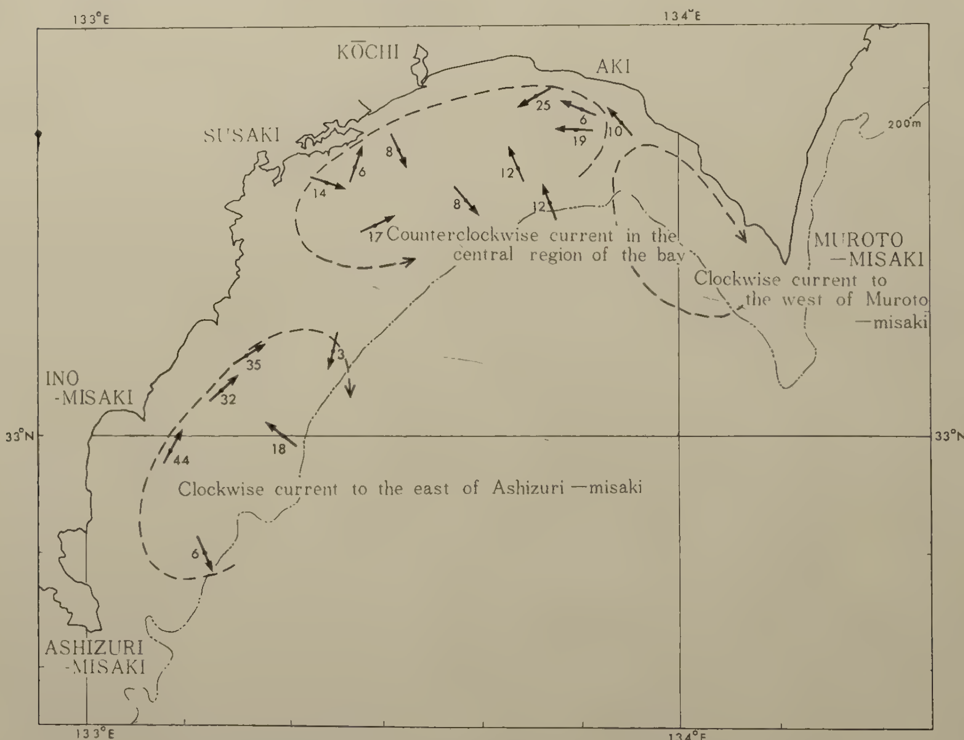



Fig. 11 Average tidal current (cm/sec) and its schematic circulation. (After MIYATA *et al*, 1980)

① 足摺岬東方の右旋環流域

年平均表面水温は比較的高めである。その1年周期成分の振幅は小さくそして位相は遅い。黒潮系水の占める割合は比較的多い。

② 土佐湾中央左旋環流域

水温は低めである。振幅は大きくそして位相は比較的早い。黒潮系水の割合は少ない。

③ 室戸岬西方右旋環流域

水温は高めである。振幅は比較的小さくそして位相は早い。黒潮系水の割合は多い。

これらの特徴から，足摺岬東方の右旋環流域は比較的外洋水の影響を強くうけている海域であり，土佐湾中央左旋環流域は陸水の影響が強い海域といえよう。また，室戸岬西方右旋環流域は土佐湾内でもっとも外洋水の影響を強く受けている海域と考えられる。

## 要　　約

1965年から1976年の間に高知県水産試験場が観測した土佐湾表面水温資料を用いて，調和分析法で各観測点の旬毎の平均表面水温（Appendix table 1）を計算しその変化を検討した。

1．土佐湾全域の年平均表面水温は21.74℃であり，3月上旬に最低（16.77℃），8月中旬に最高(27.90℃)となる。

2．各観測点における旬平均表面水温の年周変化にみられる1年周期成分の変動幅（振幅の2倍)は9.4℃～11.2℃であり，位相（最高水温の出現日）は8月15日—21日である。

3．平均表面水温分布にみられる季節変化を明らかにし，土佐湾沿岸表層水の輸送は卓越風の連吹による吹送流の影響が大きいことを明らかにした。

4．平均表面水温から推算した土佐湾への黒潮系水の割合は年平均19.5％であり，最大は8月の41％，最小は6月の11％である。

5．土佐湾での3つの環流系について，平均表面水温の示す諸特性を明らかにした。

## 文　　献

1）宮田和夫，坂本久雄，百田方子，1980：土佐湾の海洋構造について—Ⅰ．土佐湾の潮流．南西水研報告，(12)，115—124．

2）山重政則，1977：土佐湾の平均水温とその標準偏差について．昭和50年度高知県水産試験場報告書，**73**，98—100．

3）宮地邦明，1979：有明海表面水温の季節変化について．沿岸環境変動予察方法についての研究報告書，101—108．

4）坂本久雄，1971：日本南西海域における黒潮主軸の季節変動について．南西水研報告，(4)，37—44．

5）高知地方気象台，1970—1979：高知県気象月報．

6）斉藤行政，1959：海水，海流，潮汐．254pp，海文堂．

7）中村保昭，千葉　仁，1980：黒潮の指標となる表面水温．第106回技術連絡協議会発表要旨，静岡県水産試験場．

8）友定　彰，久保治良，1976：鹿島灘の海況—Ⅰ．海面水温の変動と黒潮系水の占有率．東海水研報告，(86)，113—125．

Appendix table 1. Ten-day normal of surface water temperature in the each stations.

| Month | | Station Number 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 | Mean |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan. | F. | 19.21 | 18.33 | 18.23 | 18.55 | 18.69 | 18.91 | 18.39 | 18.26 | 18.21 | 18.52 | 18.77 | 18.44 | 17.85 | 17.83 | 18.78 | 18.61 | 18.63 | 18.17 | 17.64 | 18.17 | 18.45 | 18.21 | 18.46 | 18.67 | 18.42 |
| | M. | 18.75 | 17.86 | 18.01 | 18.12 | 18.29 | 18.57 | 18.00 | 17.85 | 17.86 | 18.05 | 18.33 | 18.05 | 17.40 | 17.46 | 18.43 | 18.30 | 18.36 | 17.88 | 17.30 | 17.97 | 18.23 | 18.08 | 18.28 | 18.34 | 18.07 |
| | L. | 18.40 | 17.56 | 17.89 | 17.79 | 17.95 | 18.26 | 17.72 | 17.55 | 17.64 | 17.69 | 17.96 | 17.74 | 17.09 | 17.16 | 18.09 | 17.98 | 18.12 | 17.63 | 16.98 | 17.80 | 17.98 | 17.97 | 18.09 | 18.08 | 17.80 |
| Feb. | F. | 18.13 | 17.34 | 17.76 | 17.54 | 17.62 | 17.92 | 17.49 | 17.31 | 17.46 | 17.42 | 17.64 | 17.46 | 16.85 | 16.86 | 17.70 | 17.62 | 17.84 | 17.36 | 16.64 | 17.54 | 17.64 | 17.74 | 17.80 | 17.83 | 17.52 |
| | M. | 17.90 | 17.15 | 17.52 | 17.30 | 17.34 | 17.54 | 17.28 | 17.08 | 17.27 | 17.24 | 17.83 | 17.21 | 16.62 | 16.53 | 17.27 | 17.23 | 17.54 | 17.04 | 16.27 | 17.16 | 17.23 | 17.36 | 17.43 | 17.59 | 17.24 |
| | L. | 17.71 | 16.96 | 17.18 | 17.09 | 17.14 | 17.19 | 17.09 | 16.83 | 17.07 | 17.15 | 17.20 | 17.00 | 16.39 | 16.20 | 16.87 | 16.91 | 17.26 | 16.72 | 15.94 | 16.72 | 16.83 | 16.92 | 17.09 | 17.37 | 16.95 |
| Mar. | F. | 17.58 | 16.80 | 16.82 | 16.94 | 17.11 | 16.95 | 16.97 | 16.61 | 16.90 | 17.19 | 17.12 | 16.88 | 16.21 | 15.97 | 16.62 | 16.78 | 17.11 | 16.50 | 15.77 | 16.37 | 16.58 | 16.58 | 16.92 | 17.24 | 16.77 |
| | M. | 17.60 | 16.75 | 16.58 | 16.92 | 17.32 | 16.94 | 16.98 | 16.50 | 16.86 | 17.37 | 17.19 | 16.91 | 16.17 | 15.95 | 16.61 | 16.91 | 17.18 | 16.50 | 15.85 | 16.26 | 16.62 | 16.53 | 17.05 | 17.29 | 16.78 |
| | L. | 17.81 | 16.90 | 16.62 | 17.11 | 17.79 | 17.22 | 17.18 | 16.57 | 17.04 | 17.73 | 17.46 | 17.14 | 16.38 | 16.25 | 16.91 | 17.34 | 17.52 | 16.81 | 16.26 | 16.52 | 17.03 | 16.91 | 17.54 | 17.57 | 17.06 |
| Apr. | F. | 18.28 | 17.32 | 17.02 | 17.55 | 18.47 | 17.81 | 17.61 | 16.91 | 17.49 | 18.28 | 17.94 | 17.59 | 16.88 | 16.89 | 17.51 | 18.01 | 18.11 | 17.43 | 16.96 | 17.17 | 17.76 | 17.71 | 18.31 | 18.10 | 17.62 |
| | M. | 18.97 | 18.02 | 17.78 | 18.23 | 19.26 | 18.64 | 18.26 | 17.53 | 18.19 | 18.97 | 18.59 | 18.24 | 17.67 | 17.79 | 18.31 | 18.79 | 18.87 | 18.28 | 17.88 | 18.09 | 18.69 | 18.79 | 19.22 | 18.82 | 18.41 |
| | L. | 19.81 | 18.92 | 18.77 | 19.07 | 20.06 | 19.59 | 19.07 | 18.37 | 19.07 | 19.75 | 19.37 | 19.03 | 18.65 | 18.83 | 19.21 | 19.58 | 19.66 | 19.24 | 18.87 | 19.12 | 19.67 | 19.94 | 20.10 | 19.62 | 19.30 |
| May | F. | 20.71 | 19.90 | 19.82 | 19.97 | 20.77 | 20.52 | 19.96 | 19.35 | 20.01 | 20.54 | 20.20 | 19.88 | 19.71 | 19.87 | 20.09 | 20.27 | 20.41 | 20.18 | 19.81 | 20.09 | 20.54 | 20.94 | 20.82 | 20.41 | 20.19 |
| | M. | 21.55 | 20.84 | 20.79 | 20.83 | 21.37 | 21.36 | 20.86 | 20.35 | 20.89 | 21.30 | 21.01 | 20.75 | 20.71 | 20.81 | 20.90 | 20.87 | 21.08 | 21.02 | 20.64 | 20.90 | 21.24 | 21.67 | 21.37 | 21.14 | 21.01 |
| | L. | 22.27 | 21.66 | 21.57 | 21.60 | 21.88 | 22.07 | 21.73 | 21.30 | 21.68 | 22.01 | 21.78 | 21.59 | 21.62 | 21.62 | 21.64 | 21.45 | 21.72 | 21.78 | 21.38 | 21.55 | 21.81 | 22.15 | 21.83 | 21.82 | 21.72 |
| June | F. | 22.88 | 22.36 | 22.20 | 22.29 | 22.41 | 22.71 | 22.56 | 22.17 | 22.38 | 22.68 | 22.52 | 22.42 | 22.43 | 22.37 | 22.39 | 22.12 | 22.40 | 22.53 | 22.11 | 22.15 | 22.38 | 22.53 | 22.35 | 22.51 | 22.41 |
| | M. | 23.43 | 22.99 | 22.78 | 22.97 | 23.05 | 23.36 | 23.38 | 23.00 | 23.06 | 23.38 | 23.26 | 23.28 | 23.22 | 23.14 | 23.23 | 22.97 | 23.23 | 23.37 | 22.94 | 22.84 | 23.06 | 23.01 | 23.09 | 23.30 | 23.13 |
| | L. | 24.02 | 23.64 | 23.43 | 23.72 | 23.84 | 24.11 | 24.24 | 23.83 | 23.79 | 24.14 | 24.06 | 24.18 | 24.08 | 24.01 | 24.20 | 24.03 | 24.23 | 24.37 | 23.91 | 23.72 | 23.95 | 23.75 | 24.11 | 24.24 | 23.98 |
| July | F. | 24.69 | 24.40 | 24.23 | 24.56 | 24.78 | 24.97 | 25.14 | 24.70 | 24.63 | 24.97 | 24.92 | 25.13 | 25.05 | 25.00 | 25.28 | 25.22 | 25.35 | 25.49 | 25.00 | 24.80 | 25.02 | 24.78 | 25.34 | 25.33 | 24.94 |
| | M. | 25.46 | 25.25 | 25.19 | 25.49 | 25.77 | 25.88 | 26.03 | 25.58 | 25.54 | 25.84 | 25.81 | 26.06 | 26.08 | 26.03 | 26.36 | 26.37 | 26.47 | 26.64 | 26.11 | 25.96 | 26.17 | 25.99 | 26.60 | 26.45 | 25.96 |
| | L. | 26.27 | 26.12 | 26.17 | 26.39 | 26.67 | 26.73 | 26.85 | 26.41 | 26.42 | 26.65 | 26.65 | 26.88 | 27.06 | 26.95 | 27.28 | 27.31 | 27.40 | 27.64 | 27.07 | 27.02 | 27.21 | 27.14 | 27.66 | 27.45 | 26.89 |
| Aug. | F. | 26.98 | 26.87 | 27.02 | 27.14 | 27.32 | 27.38 | 27.47 | 27.07 | 27.13 | 27.30 | 27.33 | 27.50 | 27.81 | 27.61 | 27.88 | 27.88 | 28.00 | 28.32 | 27.71 | 27.76 | 27.94 | 28.00 | 28.32 | 28.16 | 27.57 |
| | M. | 27.48 | 27.36 | 27.54 | 27.60 | 27.64 | 27.71 | 27.81 | 27.44 | 27.54 | 27.66 | 27.74 | 27.83 | 28.19 | 27.88 | 28.09 | 28.02 | 28.16 | 28.56 | 27.93 | 28.06 | 28.24 | 28.37 | 28.49 | 28.44 | 27.90 |
| | L. | 27.65 | 27.48 | 27.64 | 27.68 | 27.61 | 27.69 | 27.81 | 27.46 | 27.57 | 27.68 | 27.80 | 27.83 | 28.11 | 27.71 | 27.88 | 27.76 | 27.92 | 28.35 | 27.71 | 27.89 | 28.09 | 28.21 | 28.20 | 28.27 | 27.83 |
| Sept. | F. | 27.48 | 27.21 | 27.31 | 27.39 | 27.27 | 27.33 | 27.49 | 27.12 | 27.23 | 27.36 | 27.51 | 27.50 | 27.60 | 27.18 | 27.34 | 27.21 | 27.35 | 27.76 | 27.14 | 27.33 | 27.57 | 27.61 | 27.56 | 27.71 | 27.39 |
| | M. | 26.99 | 26.63 | 26.64 | 26.79 | 26.72 | 26.72 | 26.90 | 26.49 | 26.60 | 26.76 | 26.91 | 26.92 | 26.76 | 26.40 | 26.58 | 26.52 | 26.61 | 26.94 | 26.34 | 26.55 | 26.82 | 26.75 | 26.77 | 26.88 | 26.70 |
| | L. | 26.30 | 25.86 | 25.79 | 26.00 | 26.06 | 25.99 | 26.15 | 25.69 | 25.81 | 25.97 | 26.11 | 26.17 | 25.78 | 25.54 | 25.75 | 25.79 | 25.82 | 26.05 | 25.45 | 25.72 | 25.96 | 25.83 | 25.96 | 25.96 | 25.89 |
| Oct. | F. | 25.52 | 25.05 | 24.91 | 25.16 | 25.35 | 25.21 | 25.32 | 24.83 | 24.97 | 25.10 | 25.20 | 25.33 | 24.79 | 24.69 | 24.93 | 25.08 | 25.05 | 25.17 | 24.57 | 24.93 | 25.10 | 24.97 | 25.19 | 25.05 | 25.06 |
| | M. | 24.74 | 24.28 | 24.08 | 24.35 | 24.64 | 24.44 | 24.48 | 24.01 | 24.17 | 24.25 | 24.29 | 24.47 | 23.91 | 23.90 | 24.16 | 24.37 | 24.32 | 24.35 | 23.73 | 24.21 | 24.26 | 24.20 | 24.45 | 24.22 | 24.26 |
| | L. | 24.01 | 23.59 | 23.31 | 23.60 | 23.89 | 23.69 | 23.65 | 23.24 | 23.40 | 23.43 | 23.42 | 23.61 | 23.14 | 23.16 | 23.41 | 23.63 | 23.59 | 23.55 | 22.90 | 23.49 | 23.42 | 23.45 | 23.68 | 23.46 | 23.48 |
| Nov. | F. | 23.32 | 22.93 | 22.55 | 22.88 | 23.10 | 22.93 | 22.83 | 22.51 | 22.65 | 22.67 | 22.62 | 22.76 | 22.44 | 22.41 | 22.66 | 22.81 | 22.81 | 22.73 | 22.06 | 22.70 | 22.54 | 22.65 | 22.81 | 22.73 | 22.71 |
| | M. | 22.64 | 22.23 | 21.76 | 22.16 | 22.26 | 22.15 | 21.99 | 21.79 | 21.87 | 21.93 | 21.88 | 21.91 | 21.72 | 21.60 | 21.89 | 21.92 | 21.96 | 21.84 | 21.18 | 21.80 | 21.63 | 21.47 | 21.84 | 21.99 | 21.89 |
| | L. | 21.93 | 21.47 | 20.92 | 21.40 | 21.39 | 21.35 | 21.15 | 21.03 | 21.05 | 21.20 | 21.17 | 21.07 | 20.93 | 20.72 | 21.10 | 21.02 | 21.09 | 20.92 | 20.28 | 20.84 | 20.72 | 20.77 | 20.85 | 21.21 | 21.06 |
| Dec. | F. | 21.20 | 20.63 | 20.06 | 20.61 | 20.55 | 20.59 | 20.32 | 20.25 | 20.21 | 20.47 | 20.50 | 20.28 | 20.09 | 19.84 | 20.36 | 20.19 | 20.26 | 20.01 | 19.42 | 19.89 | 19.90 | 19.82 | 19.94 | 20.44 | 20.24 |
| | M. | 20.47 | 19.77 | 19.27 | 19.83 | 19.80 | 19.90 | 19.56 | 19.49 | 19.41 | 19.75 | 19.86 | 19.56 | 19.24 | 19.02 | 19.71 | 19.50 | 19.55 | 19.22 | 18.67 | 19.09 | 19.23 | 19.03 | 19.22 | 19.73 | 19.49 |
| | L. | 19.79 | 18.98 | 18.64 | 19.13 | 19.18 | 19.35 | 18.90 | 18.81 | 18.73 | 19.10 | 19.28 | 18.94 | 18.47 | 18.34 | 19.19 | 18.98 | 19.01 | 18.61 | 18.08 | 18.52 | 18.76 | 18.50 | 18.74 | 19.13 | 18.88 |
| Mean | | 22.16 | 21.59 | 21.49 | 21.71 | 21.95 | 21.93 | 21.79 | 21.42 | 21.60 | 21.87 | 21.86 | 21.76 | 21.47 | 21.37 | 21.79 | 21.81 | 21.94 | 21.80 | 21.23 | 21.57 | 21.78 | 21.78 | 21.98 | 22.01 | 21.74 |

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 41~58 (1981)

# 西日本周辺海域に生息する *Paraprionospio* 属（多毛類：スピオ科）4 typeの形態的特徴と分布について*

玉　井　恭　一

# Some Morphological Aspects and Distributions of Four Types of *Paraprionospio* (polychaeta : Spionidae) Found from Adjacent Waters to Western Part of Japan.

Kyoichi TAMAI

Samplings of macrobenthos were carried out at 6 areas (Ōsaka Bay, eastern part of Hiuchi-Nada, Beppu Bay, Kii-Channel, Tosa Bay and East China Sea) around the western part of Japan from July 1975 to February 1980 (Fig. 1, Table 2). Morphological features and distributions of *Paraprionospio* were investigated based on many macrobenthic samples collected by these surveys. As a result, it became clear that four types of *Paraprionospio* were found at these areas and each type had different distributional area respectively (Fig. 3-16). These four types are clearly distinguished by four conspicuous characters (Fig. 2, Table 1) and were named type A, B, CI and CII.

Type A is shallow water species which is found at the depth less than about 20m, and occasionally shows very high population density (1000 individuals or more per square meter).

Type B is small species (less than 20mg in weight and 40mm in length) and restricted its distribution in the muddy bottom of inland sea —— Ōsaka Bay, eastern part of Hiuchi-Nada, Beppu Bay and so on. The density of this type is relatively low.

Type CI usually inhabits relatively deeper area at the sand or muddy sand bottom with low population density. But at Beppu Bay, this type was distributed on muddy bottom with high population density.

Type CII was collected on the muddy sand bottom more than 35m at Tosa Bay, and not found at inland sea area. So it is considered that this type is the offshore species which lives only in open sea. The density of type CII is low but occurs frequently.

Difference in distributional pattern of type A between Ōsaka Bay and Tosa Bay (Fig. 17) was discussed from the viewpoint of eutrophication, life cycle of type A and degree of bottom water movement mainly due to wave action. Relation between distribution of type B and dissolved oxygen deficiency of bottom water (Table 3) was also discussed.

従来，我が国周辺海域における *Paraprionospio* 属の多毛類としては *Paraprionospio pinnata*（ヨツバネスピオ，以前は *Prionospio* 属として扱われていた）1種のみが知られていた[1,2,3]。本種は内海域のベントス群集構成種の中でも優占的な地位を占めることが多く，ベントス研究者によってたびたび取り上げられてきた。

1980年12月9日受理，南西海区水産研究所業績　第105号
＊本報告の一部は1980年度日本海洋学会秋季大会で発表した。

宮地らは伊勢湾[4]，別府湾[5]，七尾湾[6]，東京湾[7]，波浮港[8]等で本種が多数採集されたことを報告し，*Prionospio* 群集（*Paraprionospio* 群集）を中内湾性の代表的な群集のひとつとしてあげている[9]。また，北森は東京湾・大阪湾・伊勢湾の水質汚濁と底生動物の関係を検討し，*P. pinnata* が沖合水の影響の比較的強い海域における有機的汚濁の指標生物となりうることを指摘している[10]。その後，各地の内湾域ではしばしば本種の分布が検討され，有機汚染域の指標種として取り扱われてきた[11,12,13,14,15,16,17]。しかし，本種の分布は必ずしも内湾域に限られているわけではなく，外海域にも広く生息していることが知られている[18,19,20]。

本種の生息密度は一般に内海の有機汚染域で高く，他の正常海域では低い傾向にある[10]ものの，それにしても同一種の分布域としてはその生息環境の幅があまりにも広すぎるのではないかと思われた。そこで筆者は1975年以来継続して実施している西日本各地のベントス調査における採集標本を用い，*Paraprionospio* 属の多毛類の形態と分布を再検討してみた。その結果，本属に属し形態の異なる 4 type の多毛類が得られ，それぞれの type は生息域にも大きな違いのあることが明らかになったのでここに報告する。

本論にはいるに先立ち，*P. pinnata* に関する文献の収集に便宜を図っていただいた国立科学博物館の今島実博士に謝意を表します。また，本論文を通読され懇篤なる指導と校閲の労をとられた南西海区水産研究所海洋部長服部茂昌博士に対して感謝の意を表します。

## 方　　法

ここで検討に用いた採集標本は Fig. 1，Table 2 に示した 6 海域における1975年 7 月から1980年 2 月までのベントス調査（計29回）に基づくものである。

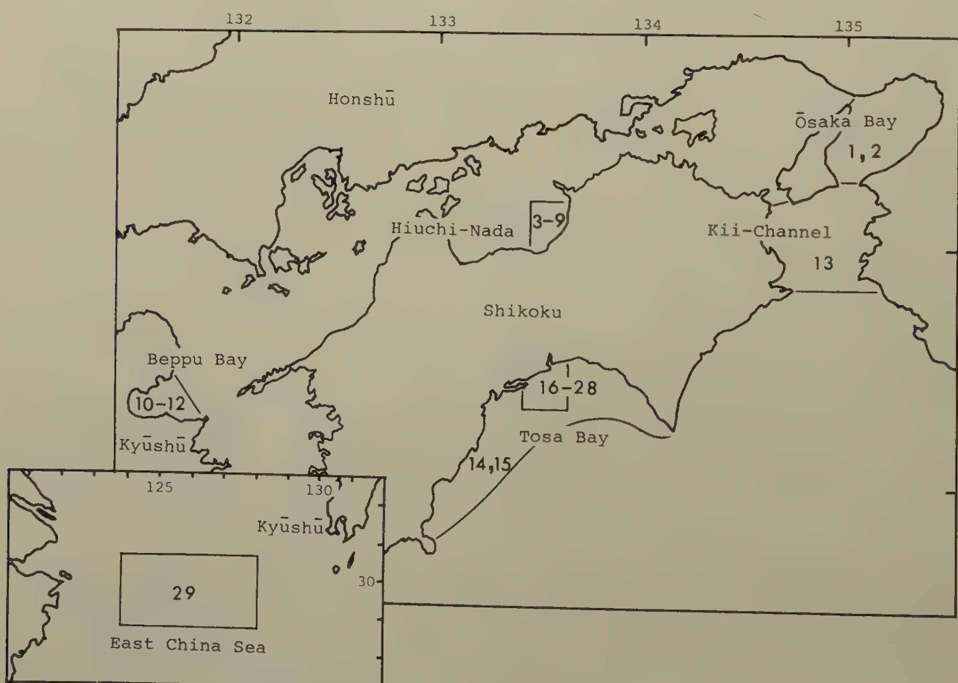



Fig. 1 Map of sampling areas. Numerals show the survey No. (see Table 2).

ベントスの採集には Smith-McIntyre 型採泥器（採泥面積 0.1m²）を用い，各地点1～5回の採泥を実施した。採集泥の一部を底質分析用として採取したのち，残った泥全てを 1㎜目のフルイまたは 1㎜目と0.5㎜目のフルイを重ねた2段フルイによって船上処理を行ない生物を選別した。標本はただちにホルマリン固定をして持ち帰り，種の同定，個体数・湿重量の計測を行なった

## 結　　果

### 1. Paraprionospio 属 4 type の主要な形態的特徴

西日本各地のベントス採集標本を検討した結果，*Paraprionospio* 属に属する多毛類にはその形態的特徴から4つの type があることが明らかとなった。ここでは，これら4type をA型，B型，CI型，CII型として表わし，各 type のおもな形態的特徴について記述する。なお，各 type の詳細な分類学的記載および既知種との比較検討は近く発表予定（横山・玉井）[21]であるので，本論文中では詳しく触れないこととする。

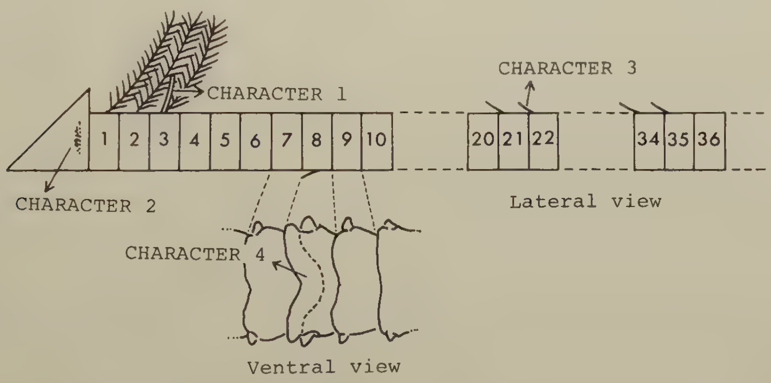



Fig. 2 Schematic diagram of 4 characters used to distinguish between four types of *Paraprionospio*. Numerals indicate setiger No..
Character 1: threadlike filament at the base of the third pair of gills.
Character 2: small brown spots scattering on the posterior region of lateral wings.
Character 3: transverse membrane across the dorsum from setiger 21 to 35.
Character 4: heart-shaped structure opening forward on ventral region at setiger 8.

Table 1. Morphological comparison of the four types of *Paraprionospio* collected from the western part of Japan.

| Type | Character* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | + | − | + | − |
| B | + | − | − | + |
| C I | − | + | − | − |
| C II | + | + | − | − |

* See Fig. 2

まず，A，B，CI，CII の各 type が *Paraprionospio* 属に属するか否かを検討した。*Paraprionospio* 属の多毛類は頭部側縁に耳状の膜状体を有すること，鰓は第1剛毛節から始まり3対ですべて羽状を呈することなどの特徴をもっている（Fig. 2）。ここで検討した4 type も *Paraprionospio* 属としての上記の特徴をすべて備えており，本属に含まれることは明らかである。

次に，A，B，CI，CII 各 type の形態的な区別について述べる。この4 type は多くの形質によって区別されるが（YOKOYAMA and TAMAI，印刷中[21]），実際的な区別は Fig. 2 に示した4形質の組み合わせにより充分可能である。ここで用いた4形質は以下の通りである。

形質1：第3番目の鰓基部前面にみられる糸状のフィラメント。多くの場合かなり長いのでよく目立つ形質である。

形質2：頭部の耳状の膜状体後縁部付近に線状に配列する褐色小斑点。CII型では標本によってやや観察しにくい場合もある。

形質3：第21剛毛節から第35剛毛節までの各節の背面上を横切る膜状構造。顕著な形質であるのでその有無は容易に判定される。

形質4：第8剛毛節の腹面にある前方に開いたハート型の構造。非常に特徴的な形質で容易に認められる。

これら4つの形質をもとに，それぞれの有無によってA，B，CI，CII の4 type の形態的な比較をしたものが Table 1 である。

A型は形質3，即ち，顕著な背面横断膜をもっており，他の3 type との区別は容易である。最大体長80㎜，最大体重220㎎に達するかなり大型の type である。

B型は形質4，即ち，第8剛毛節腹面にある前方に開いたハート型の構造をもっており，これが他の3 type と大きく異なる特徴である。最大体長40㎜弱，最大体重も20㎎程度までと小さく，4 type の中では最も小型の type である。

CI 型と CII 型は前述の2つの type とは異なり共に形質2，即ち，頭部の褐色小斑点を有し，形質3および4をもっていない。CI 型と CII型の区別は形質1，即ち，鰓基部の糸状フィラメントの有無によりなされる。CI 型はフィラメントをもっていないが，CII 型はA，B両型と同様このフィラメントをもっている。両 type とも最大体長70㎜，最大体重は150㎎までで，A型よりやや小型の type と考えられる。

以上のように，西日本各地から採集された *Paraprionospio* 属の多毛類は4つの形質の有無によって4 type に分れることが明らかとなった。

## 2. Paraprionospio 属 4 type の分布

前項では4つの顕著な形質に注目し，西日本各地の海域から採集された *Paraprionospio* 属の多毛類がA，B，CI，CII の4 type に明瞭に区別できることを述べた。本項ではこれら4 type の分布とその生息環境について記述する。

各 type の分布は Fig. 1 に示した6海域での合計29調査，1075回の採集標本を用いて検討した。その結果の概要を Table 2 に示した。6海域のうち大阪湾・燧灘・別府湾は内海域，土佐湾・東シナ海は外海域，紀伊水道は両者の移行域と考えることができる。以下，調査海域別に各 type の分布状況をみてみよう。

1）大阪湾（調査番号1，2．Figs. 3，4）

大阪湾は北東一南西方向に長軸をもつ楕円形をしており，北東側（湾奥部）と南西側（湾口，友ヶ島水道部）とでの地形は極めて対照的である。北東の湾奥部では水深が20mよりも浅く，底質の汚染は極く沿岸部を除き著しく，夏季の底層溶存酸素量は極めて低下する。これに対し，南西側では水深が40～60mと深く，底質はほぼ正常で底層溶存酸素量の低下も小さい海域となっている[22]。

大阪湾におけるベントス調査は1976年12月と1977年6～7月の2回にわたりかなり詳細に実施された[23]。特に1977年6～7月の調査は大阪湾全域と紀伊水道の一部を含む148地点の採泥を行なっているので，その結果を Figs. 3, 4 に示した。なお，ここでは紀伊水道の一部も大阪湾に含めて記述している。

Table 2. Sampling data of four types (A, B, C I, C II) of *Paraprionospio*

| Sampling area | Survey No. | Date | No. of stations | No. of samplings*1 | Surveyed depth range (m) | No. of collected specimens | | | | Distributional depth range (m) | | | | Sediment type*2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | A | B | C I | C II | A | B | C I | C II | A | B | C I | C II |
| Ōsaka Bay | 1 | Dec. 8–13 1976 | 89 | 89 | 10—117 | 875 | 10 | 4 | | 10–20 | 14–51 | 45 | | MS–M | M | MS | |
| | 2 | June 20–July 4 1977 | 148 | 148 | 6—93 | 521 | 11 | 17 | | 7–18 | 14–48 | 15–64 | | GS–M | M | S–MS | |
| Hiuchi–Nada (Eastern part) | 3 | Aug. 4–5 1977 | 32 | 32 | 11—24 | | 3 | | | | 11–22.5 | | | | MS–M | | |
| | 4 | June 6–7 1978 | 29 | 40 | 14—26 | | 4 | | | | 16 | | | | M | | |
| | 5 | Aug. 28–29 | 16 | 44 | 13—23 | | 6 | | | | 13.5–23 | | | | MS–M | | |
| | 6 | Nov. 30 | 12 | 24 | 9—24 | | 96 | | | | 20–24 | | | | M | | |
| | 7 | May 27–28 1979 | 18 | 36 | 12—26 | | 83 | | | | 13–26 | | | | M | | |
| | 8 | Aug. 22–23 | 18 | 36 | 12—24 | | 33 | | | | 14–24 | | | | MS–M | | |
| | 9 | Dec. 13–14 | 17 | 17 | 10—24 | | 87 | | | | 10–24 | | | | MS–M | | |
| Beppu Bay | 10 | Nov. 30–Dec. 2 1975 | 27 | 51 | 18—74 | | 48 | 69 | | | 26–54 | 26–60 | | | M | M | |
| | 11 | July 2–4 1976 | 38 | 76 | 15—72 | | 39 | 294 | | | 15–46 | 37–58 | | | MS–M | S–M | |
| | 12 | Nov. 29–30 1977 | 38 | 76 | 8—72 | | 33 | 16 | | | 20–53 | 8–27 | | | M | MS | |
| Kii–Channel | 13 | June 12–13 1976 | 22 | 22 | 20—86 | | 4 | 5 | | | 20–42 | 38–67 | | | M | S–MS | |
| Tosa Bay (Whole area) | 14 | Nov. 17–20 1975 | 37 | 70 | 20—312 | | | | 21 | | | | 56–98 | | | | MS |
| | 15 | June 3–12 1976 | 52 | 52 | 22—110 | | | 38 | 37 | | | 24–110 | 40–89 | | | S–MS | MS |
| Tosa Bay (Middle part) | 16 | Feb. 16–17 1977 | 11 | 17 | 15—50 | 79 | | 8 | 9 | 15 | | 15–50 | 50 | S | | S–MS | MS |
| | 17 | June 13–14 | 11 | 22 | 15—50 | 142 | | 17 | 2 | 15 | | 15–45 | 35–50 | S | | S–MS | MS |
| | 18 | Oct. 12–13 | 11 | 22 | 15—50 | 67 | | 3 | 7 | 15 | | 25 | 50 | S | | S | MS |
| | 19 | Apr. 25 1978 | 10 | 11 | 5—70 | 14 | | 9 | 7 | 10–15 | | 15–70 | 35–70 | S | | S–MS | MS |
| | 20 | June 27 | 10 | 20 | 5—70 | 21 | | 7 | 10 | 10–15 | | 15–70 | 35–70 | S | | S–MS | MS |
| | 21 | Aug. 23 | 10 | 20 | 5—70 | 318 | | 4 | 2 | 10–15 | | 15–70 | 45–70 | S | | S–MS | MS |
| | 22 | Oct. 24 | 10 | 20 | 5—70 | 42 | | | 9 | 10–15 | | | 35–70 | S | | | MS |
| | 23 | Dec. 18 | 10 | 20 | 5—70 | 229 | | 1 | 26 | 15 | | 35 | 35–70 | S | | MS | MS |
| | 24 | Mar. 6 1979 | 10 | 20 | 5—70 | 27 | | 4 | 18 | 15 | | 15–45 | 25–70 | S | | S–MS | S–MS |
| | 25 | Apr. 26 | 9 | 18 | 5—80 | 9 | | 1 | 14 | 15 | | 45 | 35–80 | S | | MS | MS |
| | 26 | June 22 | 9 | 18 | 5—80 | 57 | | 5 | 10 | 15 | | 25–80 | 35–80 | S | | S–MS | MS |
| | 27 | Nov. 29 | 9 | 18 | 5—80 | 22 | | 1 | 4 | 15–25 | | 70 | 70–80 | S | | MS | MS |
| | 28 | Feb. 7 1980 | 9 | 18 | 5—80 | 9 | 1 | | 18 | 15 | 45 | | 45–80 | S | MS | | MS |
| East China Sea | 29 | July 8–10 1975 | 10 | 18 | 52—118 | | 1 | 1 | | | 70 | 52 | | | MS | MS | |

*1 Smith-McIntyre grab (covering area 0.1 $m^2$) was used for sampling of the bottom animals.

*2 G : Gravel S : Sand M : Mud.

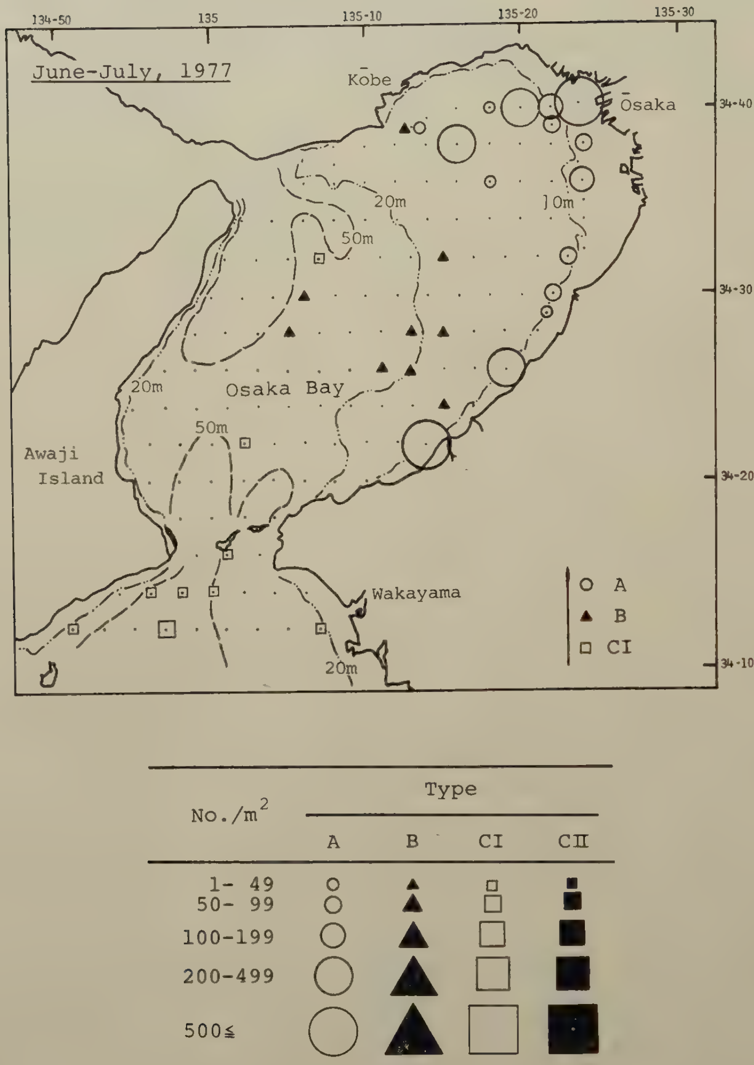



Fig. 3 Distribution of *Paraprionospio* at Osaka Bay and explanation of symbols used in this and following figures (Figs. 3-16).

Fig. 3 から明らかなように，大阪湾では湾北部・東部の極く沿岸域から沖合に向ってA型，B型，CI 型の 3 type が順次出現している。A型は水深20m以浅の比較的浅い海域に限って生息しており，特に10m以浅域で高密度となることが多い。生息密度はしばしば1,000 個体/m² を越える。1979年10月に実施した別途の調査では水深 9 mで約6,000個体/m² を記録している(玉井，未発表資料)。生息域の底質は砂質から泥質に至る広い範囲に及んでいる。B型は大阪湾中央部の水深 14m から 51m までの泥底域を中心に出現した。CI 型は水深がやや深く底質の粗い友ヶ島水道周辺海域で採集された。生息密度はB型，CI 型ともに低く数十個体/m² 以下である。

2）燧灘東部海域（調査番号 3～9．Figs. 5，6）

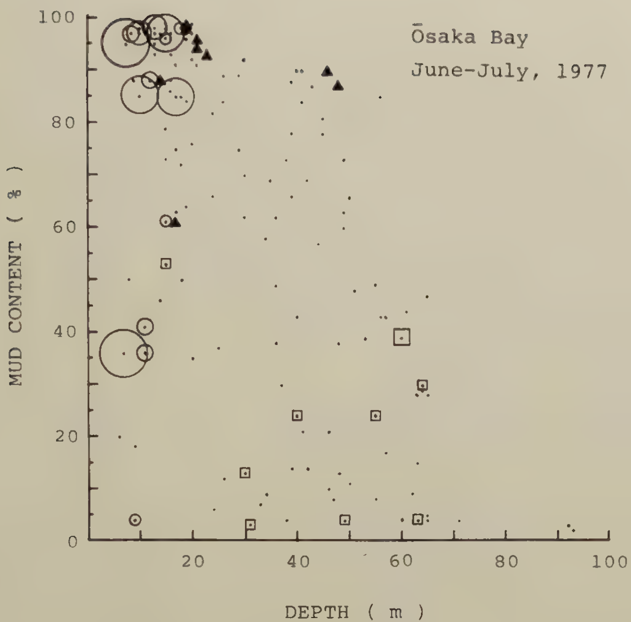



Fig. 4 Distribution of *Paraprionospio* in relation to water depth and mud content (weight percentage of the particles smaller than 63$\mu$ in diameter) at Osaka Bay. Mud content data were quoted from references 24) 25).

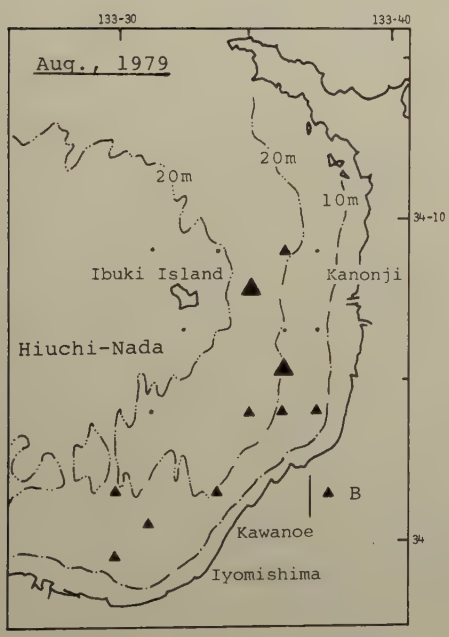



Fig. 5 Distribution of *Paraprionospio* at eastern part of Hiuchi-Nada.

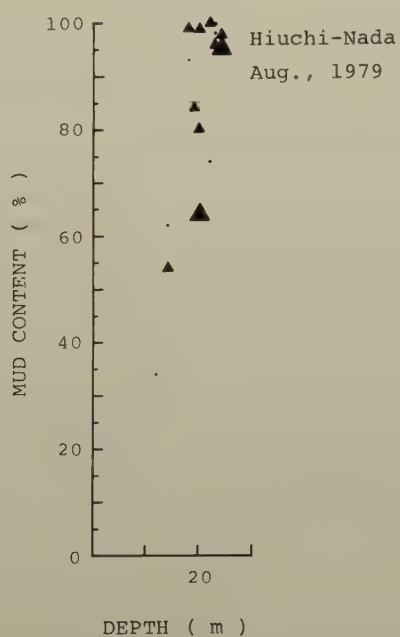



Fig. 6 Distribution of *Paraprionospio* in relation to water depth and mud content at eastern part of Hiuchi-Nada.

燧灘東部海域では水深20m前後の平坦な泥底域が広がっており，夏季には伊吹島周辺を中心に底層溶存酸素量の低下が著しく，停滞性の強い海域となっている。

本海域におけるベントス調査は1977年８月以来継続して行なわれているが[26,27]，今回は1979年12月までの７回の採集標本について検討した。一例として1979年８月の結果を Figs. 5, 6 に示した。

この海域での大きな特徴は B 型のみが出現し，それ以外の type が全く採集されていないことである (Table 2)。９mより浅い海域での採集は行なっていないので，極く浅海域での他の type（特にA型）の出現の可能性は否定できないが，少なくとも10m以深の泥底域ではB型以外の生息は認められないといえる。Figs. 5, 6 に示されているようにB型はやや沖合の泥底域を中心に広く分布しているが，その生息密度は高くても 200 個体/m² 程度で，通常は100個体/m² 以下である。

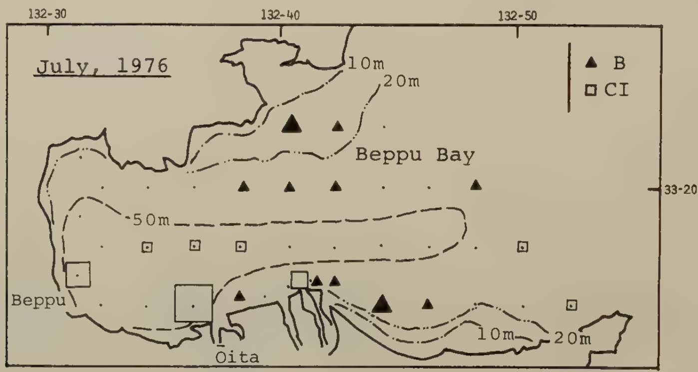



Fig. 7　Distribution of *Paraprionospio* at Beppu Bay.

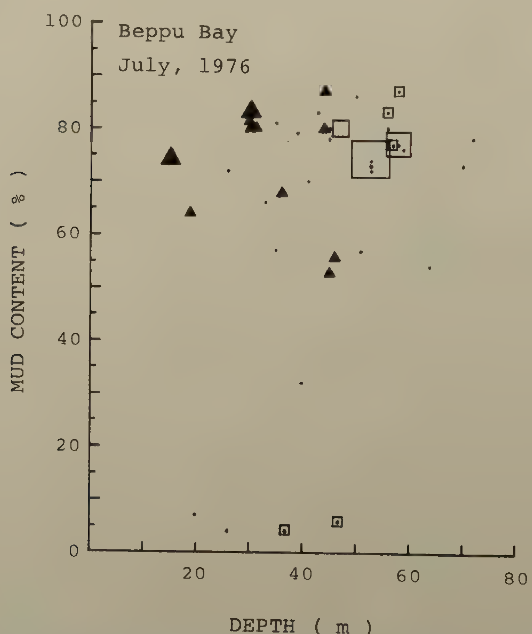



Fig. 8　Distribution of *Paraprionospio* in relation to water depth and mud content at Beppu Bay.

3）別府湾（調査番号10～12, Figs. 7, 8）

別府湾は湾口部付近で水深40m程度とやや浅く，湾内に向うに従って徐々に水深が増大し，湾奥部では水深70mを越す窪地がみられる。その窪地を中心にした水深50～60m以深域では夏季から秋季にかけて底層溶存酸素量の低下が顕著である。底質は沿岸域を除けば湾内はほぼ一様に泥でおおわれているが，湾口部付近では砂泥質～砂質の海域がかなり広がっている[28]。

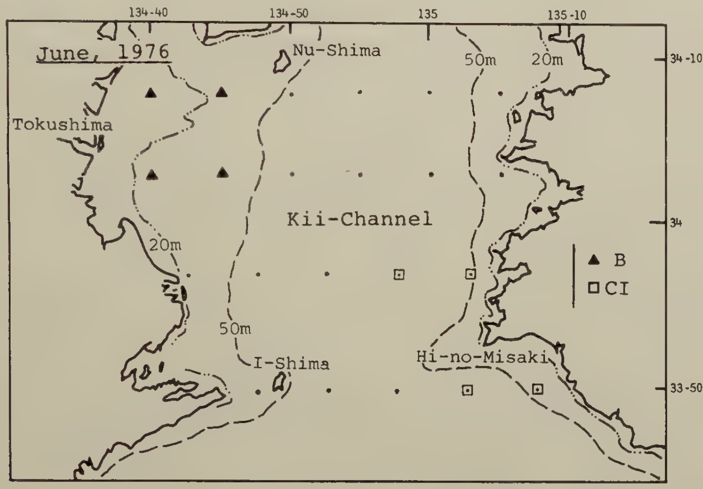



Fig. 9 Distribution of *Paraprionospio* at Kii-Channel.

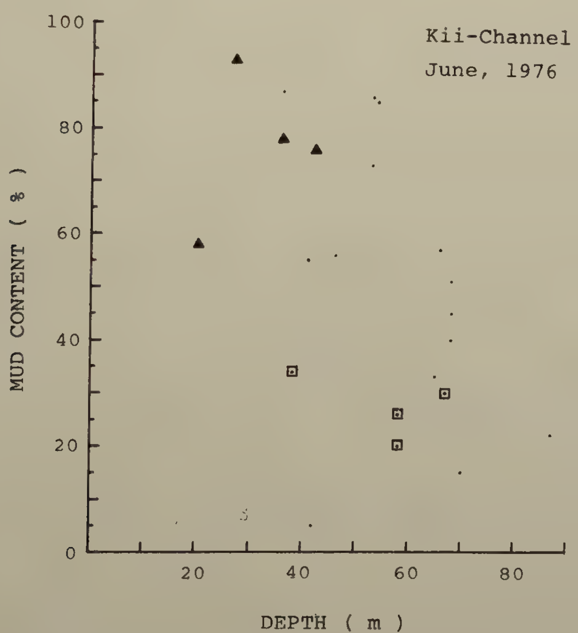



Fig. 10 Distribution of *Paraprionospio* in relation to water depth and mud content at Kii-Channel.

別府湾の全域的なベントス調査は1975年から1977年にかけて３回実施された[29]。その一例として1976年７月の調査結果を Fig. 7, 8 に示した。

別府湾に出現するのはＢ型と CI 型の 2 type である(Table 2 参照)。Ｂ型の分布は前述の大阪湾・燧灘の場合と同様で，低密度ではあるが湾奥深部域を除く湾内泥底域に広く出現している。CI 型は湾口部付近の底質の粗い海域と，水深50～60mの湾奥泥底域とに分布域が二分している。CI 型は別府湾以外では既に述べた大阪湾のほか紀伊水道・土佐湾・東シナ海で採集されたが，いずれも水深のやや深い砂質～砂泥質の海域での出現であり，かつ生息密度もおおむね数十個体/m² 程度で別府湾湾口部の場合と同様であった。これに対して別府湾奥部での分布域の底質は泥であり，かつ生息密度も最大で1,000個体/m² を越えるなど，他の海域の分布とはかなり様相が異なっている。

4）紀伊水道（調査番号13．Figs. 9, 10）

紀伊水道域は友ヶ島水道によって大阪湾と，また鳴門海峡によって播磨灘と連絡している。一方，南側は外海に向って開き黒潮と接している。当海域は内海域と外海域の中間的な性格を帯びている。水道北西部は吉野川河口域を中心に比較的浅い泥底域が広がっている。また水道東側は西側にくらべて水深が深く，60m以上となっており，底質は砂～砂泥質である。

北緯34°10′以南の紀伊水道海域のベントス調査は1976年６月に実施された[30]。その結果を Figs. 9, 10 に示した。

紀伊水道域で出現したものはＢ型と CI 型の 2 type である(Table 2 参照)。Ｂ型は水道北西部の比較的浅い泥底域に，また CI 型は水道南東部のやや水深が深く底質の粗い海域に出現し，1）で述べた友ヶ島水道周辺海域での CI 型の分布と関連がみられる。CI 型の分布域はＢ型とは明瞭に分れている。この海域における採泥１回あたり（0.1m²）の採集個体数はＢ型，CI 型とも１～２個体であり，生息密度は低い。

5）土佐湾（調査番号14～28．Figs. 11～14）

土佐湾は太平洋に向って孤状に開いた開放性海湾で，黒潮の影響を強く受けている。大陸棚外縁は水深200m 付近にあり，海岸線から大陸棚外縁まで比較的ゆるやかな勾配が続いている。底質は沿岸域から沖合に向って砂質から砂泥質へと徐々に変化し，水深60～90m付近で最も細粒化するが，その後水深の増大に伴い再び粗くなる傾向が認められる(Fig. 12)。

ここでは1975年11月と1976年６月の土佐湾全域調査，及び1977年から1980年にかけての土佐湾中部域における季節別調査13回，計15回の結果を検討した。1976年６月の結果を Figs. 11, 12 に，また1979年６月の結果を Figs. 13, 14 にそれぞれ示した。

土佐湾ではＡ型，Ｂ型，CI型，CII型の 4 type がいずれも出現する(Table 2 参照)。しかしＢ型は15回のベントス調査でわずか１個体採集されただけであり，ほとんど生息していないとみてさしつかえない。本海域での大きな特徴は，内海域では全くみられない CII 型が分布していること，内湾泥底域で最も普通にみられるＢ型がほとんど生息していないことである。

次に沿岸域から沖合域へかけてのＡ，CI，CII 3 type の出現状況をみてみよう。まず水深15m付近の底質の粗い海域を中心にＡ型の生息域が形成されている。Ａ型は土佐湾では５ｍ以浅域および25m以深域での出現は全くみられないといってよい。生息密度は調査時期によりかなり変化するが，まれに１m²あたりに換算して1,000個体以上というような高い値を示す場合がある。このようなＡ型の出現状況は大阪湾のそれと基本的には同様である。CI 型の生息域は15mより深い砂泥底海域にみられる。生息密度は１m²あたり高くても数十個体程度である。CII 型の生息域は CI 型よりやや深い35m付近から始まり水深100mあたりまで及んでいる。生息密度は CI 型と同程度，またはやや高い程度である。出現頻度はかなり高い。CI 型と CII 型の生息域は大きく重なっているため，両 type が同一採泥試料中に見い出されることも少なくない。

6）東シナ海（調査番号29．Fig. 15）

東シナ海でのベントス調査は1975年７月に北緯29°—31°，東経123°—128°の大陸棚上で実施された[31]。こ

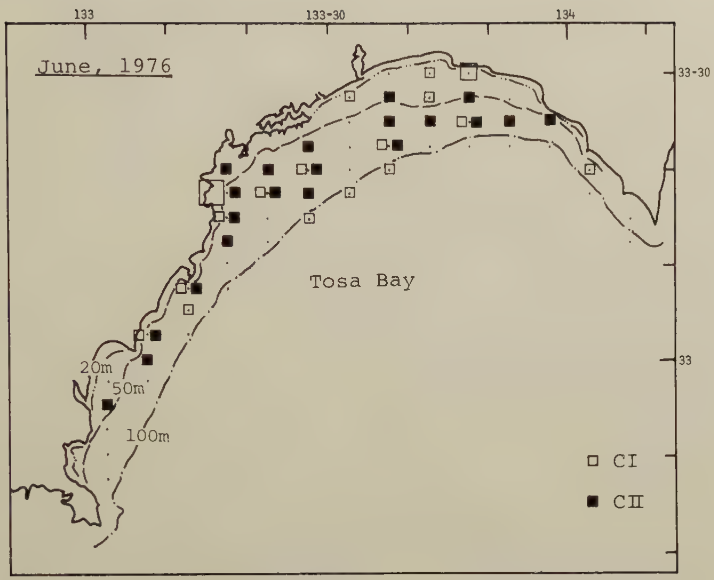



Fig. 11 Distribution of *Paraprionospio* at Tosa Bay (whole area).

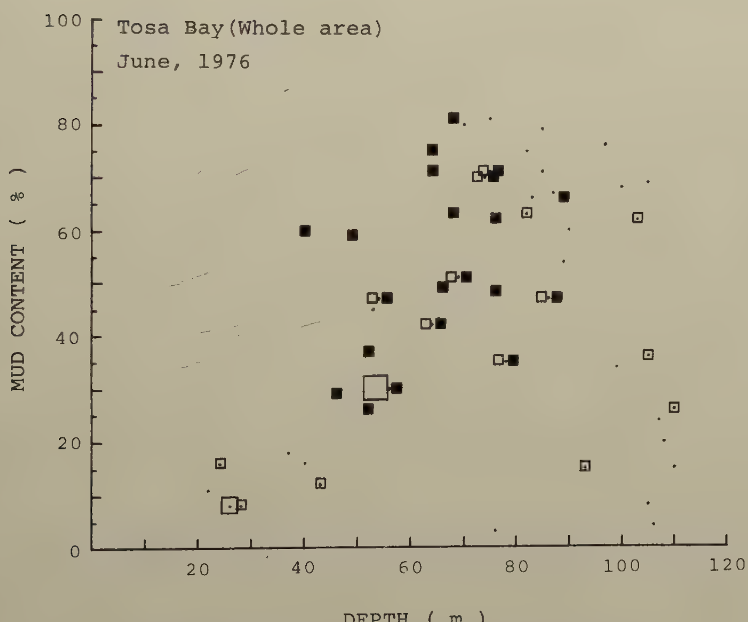



Fig. 12 Distribution of *Paraprionospio* in relation to water depth and mud content at Tosa Bay (whole area).

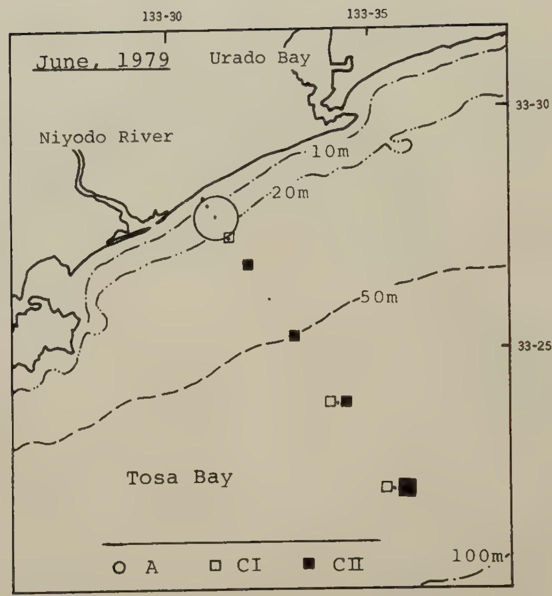



Fig. 13 Distribution of *Paraprionospio* at Tosa Bay (middle part).

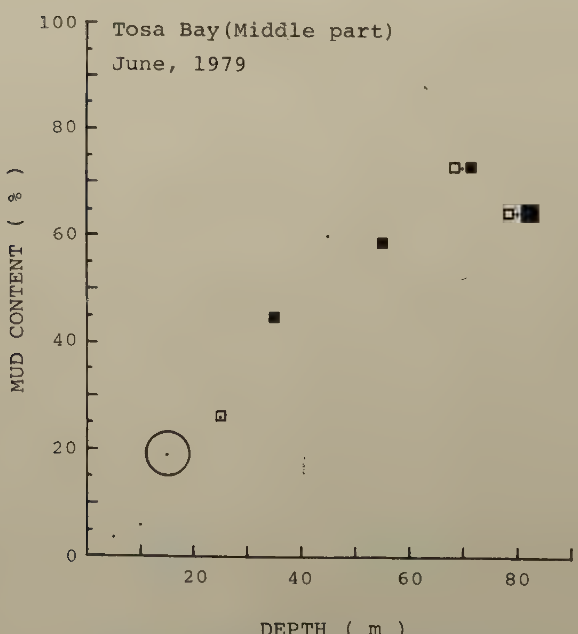



Fig. 14 Distribution of *Paraprionospio* in relation to water depth and mud content at Tosa Bay (middle part).

の調査ではB型と CI 型の 2 type が各1個体づつ得られただけである。B型は南側の水深70mの地点で，また CI 型は北側の水深52mの地点でそれぞれ採集された。なお，本海域の調査では底質分析が不充分であったため，各 type の分布と底質との関係については充分吟味できなかった。

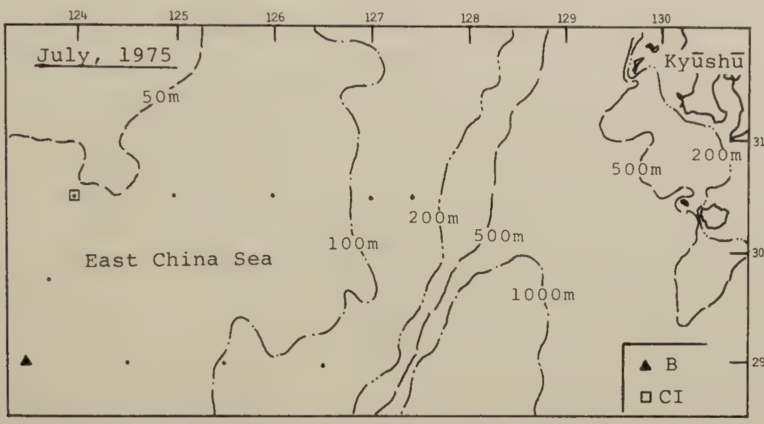



Fig. 15 Distribution of *Paraprionospio* at East China Sea.

## 考　　察

本研究では，我が国における *Paraprionospio* 属の多毛類には少なくとも 4 type があり，それらはそれぞれ独自の生息域をもつことを明らかにした。Fig. 16 に東シナ海を除いた5つの海域における各出現 type の分布と，水深・底質の関係をまとめた。4 type の出現状況は以下のようになろう。

A型：水深20m程度までの比較的浅い海域に生息している極く沿岸性の type で，内海域・外海域を問わず出現する。生息域の底質は砂質から泥質までの広い範囲に及ぶ。非常に高い生息密度となることがある。

B型：内湾におけるやや沖合の泥底域をおもな生息域としている type である。生息密度は高い場合でも100～200個体/m² 程度であり，A型のような高い生息密度となることはない。

CI 型：この type は概して水深が幾分深く，しかも底質の比較的粗いところ，たとえば水道部周辺海域・湾口部・外海に面したやや沖合の海域などに出現することが多い。生息密度はおおむね 100 個体/m² 以下である。しかし，別府湾奥部域では泥底域で採集され，かつ生息密度も最大で 1,000 個体/m² を越えるなど，他の海域における分布様式とはかなり異なる出現状況を呈している。このことは CI 型の生息域が条件によってかなり変動しうることを示している。この type の分布に関しては，さらに採集例を増やし，検討する必要があろう。

CII 型：外海の砂泥底にみられる沖合性（水深35m以深）の type で，生息密度は高い場合でも 100 個体/m² 程度と低いが，出現頻度はかなり高い。この type は外海域でのみ採集されたが，これはB型の分布がほぼ内海域に限られていることと対照的である。

4 type の分布を極く概略的にみれば，沿岸域にはA型が，内湾やや沖合の泥底域にはB型が，水深が幾分深く底質が比較的粗い海域には CI 型が（ただし別府湾奥部泥底域は例外），さらに外海沖合域には CII 型がそれぞれ生息している。CII 型の生息域は CI 型の生息域にほぼ包含されるが，A型・B型・CI 型 3 type の分布域はかなり完全に分離されている。このようにそれぞれの type はお互いに棲み分けていると同時に，ほとんどすべての海域がこれら 4 type のうちいずれかの生息可能な範囲に含まれていると考えられる。

ここではA，B両 type の分布についてさらに検討を加えてみたい。

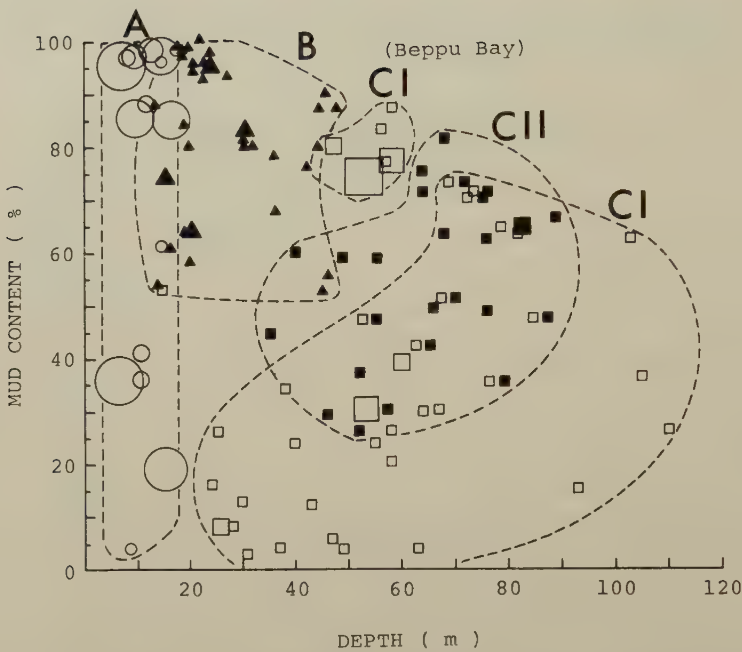



Fig. 16 Distribution of *Paraprionospio* in relation to water depth and mud content at the western part of Japan. This figure was drawn based on Fig. 4 (Osaka Bay), Fig. 6 (Hiuchi-Nada), Fig. 8 (Beppu Bay), Fig 10 (Kii-Channel) and Fig. 12, 14 (Tosa Bay). A, B, CI and CII indicate type names of *Paraprionospio*.

**A型の分布**：A型は沿岸性の type で，場合によってかなり高い生息密度をとりうることは大阪湾や土佐湾の調査結果から明らかである。しかし，両海域での分布には若干の相違点もみられる。Fig. 17 に両海域におけるA型の生息密度と水深の関係を示した。大阪湾のグラフは1977年5月～10月に矢持・城[15]によって行なわれた調査結果から描いたものである（彼等の論文中では "*P. pinnata*" と記載されているが，分布域からみてA型と判断してさしつかえないと考えられる）。両海域におけるおもな相違点としては，ｉ）大阪湾では最大生息密度を示すのは水深5ｍまたはそれ以浅の浅海域であるが，土佐湾では水深15ｍ付近にみられ10ｍ以浅域での生息密度は非常に低いこと，ii）大阪湾では平均生息密度で 1,000 個体/m² を越える地点がみられるのに対して，土佐湾では高くても150個体/m² 程度であること，の2点があげられる。

ｉ）の相違点は大阪湾と土佐湾での極く沿岸域における波浪作用等による海水流動の強さの違いと関連して説明できる。大阪湾では水深10ｍ付近で既に泥率80％を越えているが，土佐湾では水深50ｍ前後でようやく泥率50％をうわまわる程度でそれ以浅では低い。このことは土佐湾での波浪作用等による海水流動が大阪湾より強いことを示している。また，土佐湾の5ｍ以浅域は波浪の影響を特に強く受けており，底質は不安定で粗く，ベントス現存量は極めて少ないことが知られている[32]。即ち，最大生息密度を示す水深帯が大阪湾で浅く土佐湾で深い理由としては，大阪湾では波浪の影響が弱いので極く浅い海域も安定した生息域となり高い生息密度を示すのに対して，波浪作用の強い土佐湾では生息密度の高い安定した海域がより沖合側に形成されるためであると考えることができる。

ii）で指摘した現象，即ち，大阪湾でA型が高密度となる要因としては，A型の生態的な側面と食物供給量の2面が考えられる。つまり，大阪湾ではA型の新規着底群の着底時期（7月下旬～9月上旬）が他の多

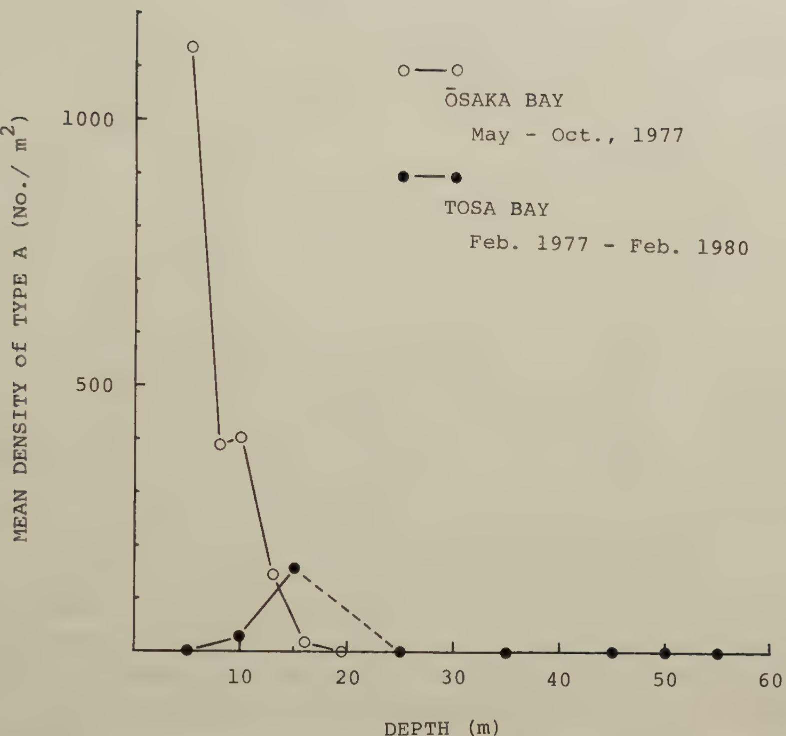



Fig. 17 Comparison of Tosa Bay and Osaka Bay in relation to mean density of type A and water depth. Data of Osaka Bay were after Yamochi and Jo (1978)[15].

くのベンストの減少期と一致しているため(玉井，未発表資料)，A型が相対的に高密度となりやすく，その高密度個体群を底泥表層への有機物の豊富な供給量が餌料面でささえているのではないかと考えられる。スピオ科の多毛類は典型的な表層泥摂食者であり[33,34]，A型も同様の摂食方法をとっているものとみて間違いなかろう。一方，大阪湾に比較して貧栄養的な土佐湾では底泥表層への有機物の供給量が相対的に少なく，また大阪湾にみられたような他のベントスの減少期もみられないため(玉井，未発表資料)，A型は比較的低密度に押えられているものと推測される。

A型は極く沿岸性の type であり，生息水深は波浪作用等海水流動の強さによって，また生息密度は富栄養化の程度や他のベントスとの生態的な関係によって変化していると考えられる。

**B型の分布**：B型は内湾泥底域に広く分布しているが，必ずしも全ての泥底域で高頻度に出現しているわけではない。ここではB型の分布を底層の貧酸素化現象との関係で検討した。

燧灘での調査結果をもとに，採集時の底層溶存酸素飽和度の階級別にB型の出現地点比率（B型の採集された地点数と調査地点数との比）を求めた（Table 3)。これからも明らかなように，B型の出現地点比率は採集時の底層溶存酸素飽和度が40%以下では極めて低いのに対して40%以上の海域での出現地点比率は高く，そこでは平均2回に1回程度の割合で採集される。ただし溶存酸素飽和度が60～80%での出現地点比率は0.19で異常に低い。これは1978年6月，全域的に溶存酸素量が比較的豊富であったにもかかわらず，B型の出現がほとんどみられなかったためである。しかしその原因は現在のところ明らかではない。

別府湾でのB型の分布も燧灘の場合と同様の傾向を示している。即ち，底層溶存酸素の減少が著しい海域

Table 3. Relation between rate of appearance (type B) and dissolved oxygen (%) at bottom. 〔Hiuchi-Nada, Aug., 1977～Dec., 1979〕

| DO(%) | Rate of appearance* (Type B) |
|---|---|
| 0～20 | 0.13 |
| 20～40 | 0.07 |
| 40～60 | 0.47 |
| 60～80 | 0.19 |
| 80～100 | 0.63 |

$$* \text{ Rate of appearance} = \frac{\text{No. of stations where type B was collected}}{\text{No. of stations surveyed}}$$

では泥底域であってもB型の出現がみられない。永田ら[29]は別府湾の底質・ベントス調査の結果から本湾を4つの海域に区分した。そのうち水深55m以深の泥底域を底層溶存酸素量の低下が大きく，ベントス量の少ない海域と規定している。B型が生息している海域は底層溶存酸素量が比較的豊富な水深55mより浅い泥底域であって，上述した溶存酸素量低下の著しい55m以深域ではたとえ泥底域でも出現していない。

大阪湾では上に述べた2つの海域とやや異なる分布傾向を示している。本湾では湾中央部を横切る15～20m等深線を境にして湾奥側で夏季の底層溶存酸素量の減少が著しく，湾口側ではあまり低下しないことが知られている[35,36]。B型は湾奥側では全く出現しないが，溶存酸素量が豊富な20m以深の湾口側泥底域での出現率も比較的低い。このことは泥底域におけるB型の生息規定要因が溶存酸素量以外にも存在することを示している。

以上，B型の分布と底層溶存酸素量との関係を検討したが，これは両者の関係を季節的に詳しく追求したものではない。また，B型の生活史も現在知られていないため，それもほとんど考慮にはいっていない。しかし，B型は少なくとも内湾泥底域の中でも底層溶存酸素量の極端な低下が認められない海域におもに分布するものと考えることはできよう。

上述のように，我が国周辺海域の *Paraprionospio* 属多毛類には4つの type が認められること，それぞれの type は環境との対応で独自の生息域を有することを明らかにした。これら4つの type は，従来の報告の中ではいずれも "*Paraprionospio pinnata*（ヨツバネスピオ）" として記述されてきたものと思われる。今まで発表されたそれぞれの報文中で "*P. pinnata*" とされていたものが，この報告で述べた4つの type のうちいずれに相当するのかに充分配慮しながら検討される必要があろう。

## 摘　　要


1975年7月から1980年2月にかけて西日本周辺海域を中心とした6つの海域（大阪湾，燧灘東部海域，別府湾，紀伊水道，土佐湾，東シナ海）で29回のマクロベントス調査が実施された。これらの調査で得られた標本中に出現する *Paraprionospio* 属（多毛類：スピオ科）の形態と分布について検討した。

i）*Paraprionospio* 属多毛類として4つの type（A型，B型，CI 型，CII 型）が得られた。これら4 type は顕著な4つの形質に注目することによって容易に区別される。A型は顕著な背面横断膜を有することによって，またB型は第8剛毛節腹面にハート型の構造を有することによって，それぞれ他の type と簡単に区別される。CI 型と CII 型はいずれも上記2形質（背面横断膜，ハート型構造）をもたず，また頭部の耳状膜状体後縁部付近に線状に配列する褐色小斑点を有する点でよく似ている。しかし，両 type

は CII 型が第3番目の鰓基部に糸状フィラメントをもっているのに対し，CI 型ではそのような形質をもっていない点で区別される。

2）4 type はそれぞれ独自の生息域をもっている

A型は大阪湾，土佐湾の水深20m以浅域で採集された沿岸性の type で，かなり高い生息密度（1,000個体/$m^2$ 以上）を示す場合がある。

B型は内湾やや沖合の泥底域に生息しており，外海域での採集は非常にまれである。おもに大阪湾，燧灘，別府湾，紀伊水道で採集されたが，その生息密度はいずれも低かった。

CI 型は友ヶ島水道周辺海域，別府湾の湾口域，紀伊水道南東部，土佐湾のやや沖合域など水深が幾分深く，底質が比較的粗い海域で採集されることが多く，生息密度は低い。しかし，別府湾では湾内泥底域での採集もみられ，生息密度もかなり高いなど，他の海域とは異なる分布状況を示していた。

CII 型は土佐湾の水深35～98mの砂泥底域で採集された type で，生息密度は低いが出現頻度はかなり高い。内湾域では全く採集されていない。外海沖合性の type と考えられる。

3）大阪湾と土佐湾でのA型の分布パターンの相違を，波浪作用等による海水流動の強さ，富栄養化の程度，生活史との関係で考察した。また，B型の分布を底層水の貧酸素化現象との関係で論議した。

## 文　献


1）Okuda, S., 1937: Spioniform polychaetes from Japan. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., ser. 6, Zool., 5, 217-254.

2）北森良之介，1950：東京湾底棲動物の研究　第2報　底棲動物の分布並季節的変化．日本水産学会誌，16(7)，275—280.

3）Imajima, M. and O. Hartman, 1964: The polychaetous annelids of Japan. Allan Hancock Found. Publ. Occ. Paper, 26.

4）Miyadi, D., 1941: Marine benthic communities of the Ise-wan and the Mikawa-wan. Mem. Imp. Mar. Obs., 7 (4), 503-524.

5）———, 1941: Marine benthic communities of the Beppu-wan. *ibid.*, 7(4), 483-502.

6）宮地伝三郎，増井哲夫，1942：七尾湾の底棲群聚の研究．日本海洋学会誌，2(1)，1—21.

7）増井哲夫，1943：東京湾の底棲群聚に就て．日本海洋学会誌，3(2)，130—141.

8）宮地伝三郎，増井哲夫他3名，1943：波浮港に於ける海水の停滞と循環並にその底棲動物．神戸海洋気象台彙報，149，46—52.

9）————，————，波部忠重，1944：内湾度と内湾の生物群聚型に就て．京大・生理生態業績，(3) 1—20.

10）北森良之介，1969：東京・大阪・伊勢湾の水質汚濁と底生動物．水処理技術，10(8)，15—22.

11）—————他，1973—1978：マクロベントスの変動とその指標性に関する研究．農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究　昭和47—51年度，研究成績報告書.

12）—————，1974：ふたたび，底生動物について．さかな，13，37—39.

13）城久，林凱夫，三好礼治，1969：大阪湾の水質，底質ならびに底生動物について．大阪水試研報，(1)，23—45.

14）——，矢持進，安部恒之，1978：大阪湾における底質汚染の現況とベントスの生息状況について．大阪水試研報，(5)，42—58.

15）矢持進，城久，1978：貧酸素水塊の出現が泉南沿岸海域の底生生物相に及ぼす影響について．昭和52年度関西国際空港漁業環境影響調査報告　第二分冊　環境生物編，120—178.

16）菊池泰二，1978：内湾ベントス相に対する汚染の影響．環境科学としての海洋学2，堀部純男編，東大

大出版会.

17）讃岐田訓，岡本弘子，人見宗男，1979：播磨灘における底生動物群集の季節変化．海洋科学，11(8)，664—672.

18）北森良之介，1973：非閉鎖型海域における底生動物相からみた汚染の現況．水処理技術，14(7)，685—695.

19）高橋惇，石川和芳，1976：鹿島港周辺の底質と底生動物について．茨城水試試研報，(20)，17—42.

20）田中義興，川上大和他３名，1979：博多湾とその周辺海域における底生動物について．福岡水試研究業務報告（昭和52年度），152—170.

21）Yokoyama, H. and K. Tamai, 1981: Four forms of the genus *Paraprionospio* (Spionidae: Polychaeta) from Japan. Publ. Seto Mar. Biol., (In press).

22）大阪府水産試験場，1976：大阪湾の環境特性.

23）玉井恭一，永田樹三，1978：底生生物底質調査．昭和52年度関西国際空港漁業環境影響調査報告　第二分冊　環境生物編，179—213.

24）新日本気象海洋株式会社，1977：大阪湾南部海域底質分析結果.

25）————，1977：大阪湾海域底質分析結果.

26）玉井恭一，1978：ベントスの定量と動態．内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究　昭和52年度研究成績報告書，176—182.

27）————，1979：————————．同上　昭和53年度研究成績報告書，210—223.

28）大分県水産試験場，1976：埋立の漁業環境への影響調査報告書　資料編.

29）永田樹三，玉井恭一他，1976—1978：別府湾の埋立がベントスにおよぼす影響調査．埋立の漁業環境への影響に関する調査，研究，昭和50—52年度報告書.

30）玉井恭一，永田樹三，1977：紀伊水道域におけるベントス群集について—多毛類を中心として—．南西水研報告，(10)，17—32.

31）————，————他２名，1977：東シナ海大陸棚上における底生生物の分布に関する研究．東シナ海に関する総合研究報告書，155—157.

32）土佐湾浮流油漁業影響調査協議会，1979：土佐湾浮流油の漁業への影響調査報告書（アル　サビア号事故およびマイティトレーダー号事件）.

33）Day, J.H., 1967: A monograph on the polychaeta of southern Africa. Part 2. Sedentaria. British Museum (National History).

34）Jumars, P.A. and K. Fauchald, 1977: Between-community contrasts in successful polychaete feeding strategies. Ecology of Marine Benthos, edited by Bruce C. Coull, 1-20.

35）城久，矢持進，安部恒之，1978：大阪湾における貧酸素水塊の発生状況．大阪水試研報(5)，71—84.

36）——，———，————，1978：大阪湾における貧酸素化の状況調査．昭和52年度関西国際空港漁業環境影響調査報告　第二分冊　環境生物編，95—108.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 59~79 (1981)

# 大阪湾のシャコ資源量の推定とその評価

石岡　清英・土井　長之*・林　　凱夫**

# The Stock Assessment of Mantis-Shrimp (*Oratosquilla oratoria*) in Osaka Bay

Kiyohide ISHIOKA, Takeyuki DOI*, Yoshio HAYASHI**

The mantis-shrimp, *Oratosquilla oratoria* (Stomatopoda, Squillidae) is one of main target species of the small sized trawlers in Osaka Bay of the Seto Inland Sea. The stock of the mantis-shrimp was estimated based on the published informations on the life history and the data obtained through the survey of the fisheries production by the Osaka Prefectural Fisheries Experimental Station.

The results obtained are as follows.

1. The mean growth curve of mantis-shrimp is estimated as the following formula (Fig. 5).

$$Lt = 19.57\{1 - e^{-0.0664\ (t-0.665)}\}$$

where Lt is the standard length at time t in centimeters. (the length is from base of the rostrum to anterior edge of the median notch of the telson), and t is the age in months and starts from June.

2. The survival rate on a yearly basis of the virgin stock (S=0.45) was estimated through the mantis-shrimp production in 1967 at Okayama Prefecture, where the stock condition was considered not to be exploited fully. The natural mortality coefficient (M=0.799) was converted from the above obtained survival rate (S) (Fig. 7).
On the other hand, the total mortality rate (Z=0.799) was calculated based on the age composition estimated from standard length distributions of the mantis-shrimp obtained under the experimental survey at Osaka Bay. The mortality coefficient before recruitment ($M'+M_0$) was estimated from natural mortality coefficient and the fecundity of each age group, where it is assumed that the stock is equilibrium level under stable fishery conditions.
3. The stock of this species was calculated from these estimated parameters and the catch data in Osaka Bay, taking the life history and the fishery conditions (Fig. 6) in considerations (Table 4).
4. Through the theoretical model for the assessment of the stock conditions, it is judged that the present fishing intensity for the mantis-shrimp stock in Osaka Bay is nearly in optimum level (Fig. 12).

シャコは，本邦各地に分布しているが，瀬戸内海沿岸では，20年位前までは，あまり重要な資源とは考えられていなかったようである。大阪府下では1960年頃から一部の小型底曳網漁船がシャコを主要な漁獲対象

1980年12月16日受理，南西海区水産研究業績　第106号
* 東海区水産研究所 (Tokai Regional Fisheries Research Laboratory)
** 大阪府水産試験場 (Osaka crefectural Fisheries Experimental Station)

としての操業を始めるようになったと言われる。それ以前は価格も低く，主要な漁獲対象とはならなかった[1]。しかし，1960年頃からガザミ，クルマエビ，ヨシエビ等の激減や，流通事情の改善と市場の拡大によるシャコの販売価格の上昇にともない，瀬戸内海各地の小型底曳網漁業の主要漁獲対象魚種となってきており[2]，1972～1977年の大阪湾の小型底曳網漁獲物の5.3～9.9%を占めている[3]。多くの魚種を利用している小型底曳網にとっては，単一魚種としてはシャコの比重はかなり大きいと言えよう。

筆者らは，1977年より関西空港漁業環境影響調査の一つとして，シャコの資源解析と資源診断を試みた。資源量を検討するには，現在利用できる資料が少く，完全な結果を得るのは困難である。今回の報告は，自然死亡係数M等のように，かなり大坦な仮定のもとに導かれている部分も多いが，シャコ資源の全体像を概観するためにあえて取り入れたものであり，より詳細な値が得られたなら当然それを用いて再計算を行うべきであろう。

本報のとりまとめにあたっては，南西海区水産研究所，企画連絡室多々良薫室長，内海資源部倉田博部長，同内藤一郎室長に本文の校閲と，助言をいただいた。大阪府水産試験場，吉田俊一氏，辻野耕実氏，西海区水産研究所，大森迪夫氏には，とりまとめの検討過程で，貴重な助言をいただいた。これらの方々に感謝いたします。

## 材料および方法

既往文献と，大阪府水産試験場で過去に調査されたシャコの体長測定資料を素材とし，筆者らの論義の中で，資源解析のモデルを組み立てて計算を行なった。

成長に関しては，KUBO *et al.*[4]，原ら[5]，千田ら[2),6),7),8)]を参考にした。大阪府水産試験場の体長組成資料は，1971年5月～12月の間毎月，および1976年3月から12月の間3ヶ月毎がある。なお，同資料のシャコの測定は，KUBO *et al.* にしたがい，標準体長（Standard length＝S. L.）として，rostrum の基部から，telson の中央の切れ込み前端までを，ノギスを用いて測定している。体長・体重関係および産卵数の推定は，林・辻野[1]を引用した。計算の基礎となる生活史のモデルの設定には，推定された成長曲線や，既往の文献，筆者らの知識からの総合判断等によった。漁獲量統計は，瀬戸内海灘別漁獲統計累年表[3]を用いた。自然死亡係数の推定には，千田ら[2]を参考にし，全減耗係数の推定には，前記の大阪府水産試験場の体長組成資料を用いた。計算方式は，主として土井[9]，土井[10]，土井・川上[11]，BEVERTON[12]，BEVERTON and HOLT[13]等を一部変更して適用した。主な計算は Hewlett-Packard 9830A を用い，BASIC 言語のプログラムにより実行した。等漁獲量曲線は Heriot-Watt 大学（英国）の J. C. Eilbeck 博士に提供していただいた等高線を描くプログラムを一部変更し，同 9862A Plotter を用いて描いた。

## 結果および考察

### 1. 成長の検討

甲殻類の通性として，シャコも年令形質が知られていない。KUBO *et al.*[4]は東京湾のシャコの推定成長曲線を報告している。しかし，この成長曲線は大阪水試の体長組成資料にはうまくあてはまらない。そこで，他の文献を検討した。

原ら[5]は東京湾の二水域においてシャコの体長組成の月変化を調査している。これを Fig. 1 にパーセント単位で示した。原らは，これらの図から明確な成長曲線を描いていないが次のように成長を推定している。「12月頃体長5㎝の新加入群が出現し，1年間に6㎝程度成長する。大型群（前々年発生群）は4～8月の間に3㎝成長し，16～17㎝となり以後消滅する。主漁獲対象は前年発生群で，前々年発生群は，4～8月の間のみ漁獲される。」

筆者らは，上記の調査結果から次のような方法で成長曲線を推定した。Fig. 1 で，月別に体長組成の度数分布の主要なモードと見られる所に丸印，あまりはっきりしないモードに×印をつけた。これを横軸に月，

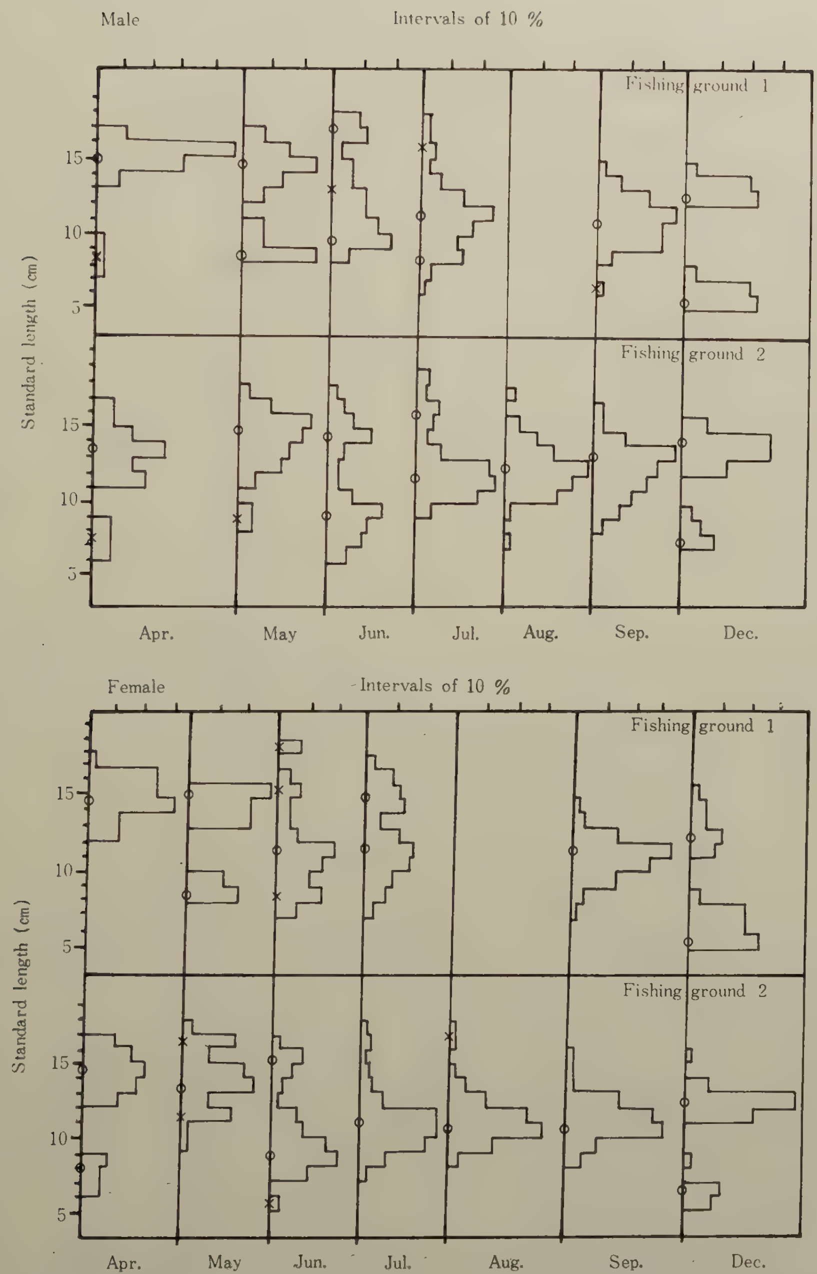



Fig. 1 Percentage distributions of mantis-shrimp at different fishing ground in Tokyo Bay. (from HARA *et al.*[5])
○ : main mode of the distribution
× : speculated mode of the distribution

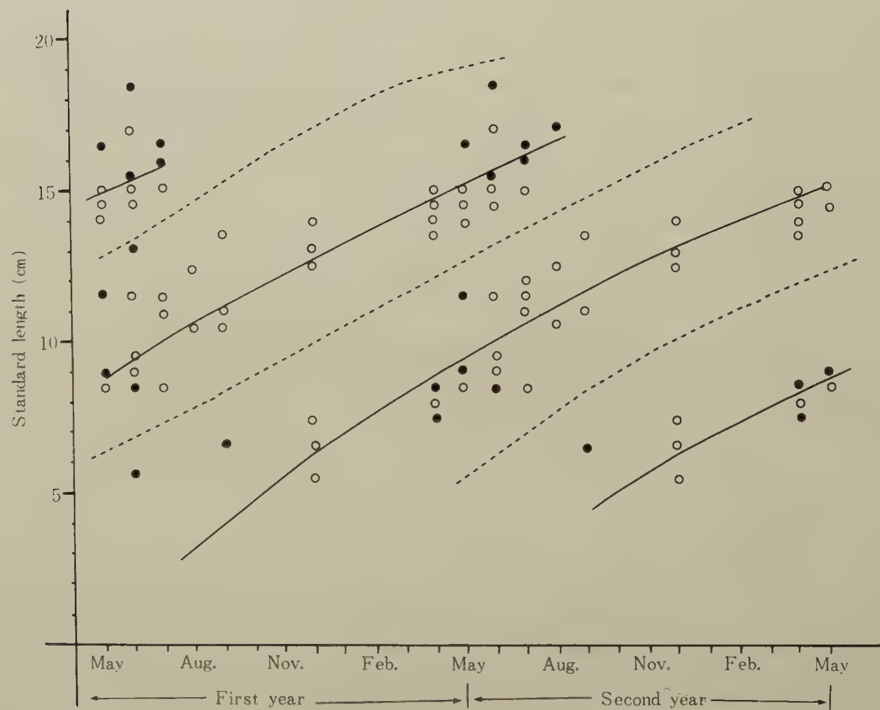



Fig. 2 The growth curve of mantis-shrimp in Tokyo Bay estimated from size distributions shown in Fig. 1.
○ : open circle in Fig. 1.
● : cross mark in Fig. 1.
solid line: mean growth curve in each age group
dashed line: speculated boundary line in each age group

縦軸に体長をとり，Fig. 2 にまとめた。ただし，横軸は2年分とし，同じデータを2ヶ所に印した。あきらかに，破線で示すような成長群が分離できる。これは原らの主張する群分けと大体同じであるが，短期間における成長量の評価は異なっている。

大阪水試の体長組成資料を，Fig. 3，Fig. 4 に示す。雌雄による成長差は，どちらの資料からもあきらかでなかったので区別しなかった。この図だけでは東京湾の例のような成長群の分離は困難であった。そこで次のような点を総合的に判断して，Fig. 5 に示すような巾をもった群成長を推定した。第1に東京湾と大阪湾では成長に大きな差はない。

第2に成長の季節変化は無視する。すなわち，体長2～3cm以降は，von Bertalanffy の成長曲線にあてはまると考える。

第3に Fig. 3，Fig. 4 の体長組成の山や谷が月ごとに移動する様子を全体的に見て成長のつながりを判断する。

第4に，9月以降に見られる体長5－9cmの群は当年発生群と考える。この理由は，瀬戸内海における産卵期が5月中旬～9月上旬であること[1),7),8)]，9月頃に毎年体長5cm前後の稚シャコがとれはじめること等である。Fig. 5 の成長曲線を用いて，Fig. 3，および4の体長組成を年令別に機械的に分けて図中にぬり分けてみた。必ずしも分布の山の形と年令区分が合致していない。この理由は，実際には大阪湾の産卵期が長

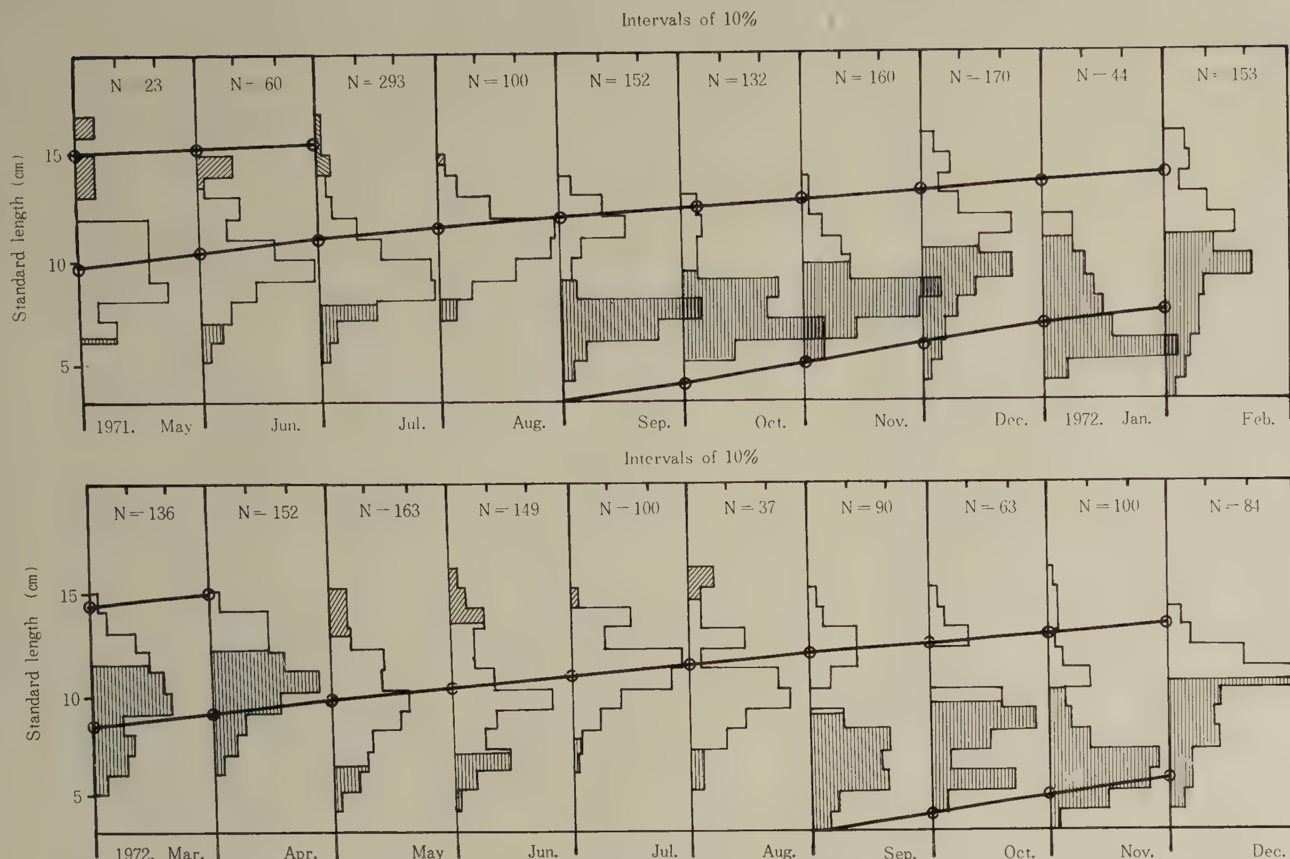



Fig. 3 Distributions of the standard length on the mantis-shrimp in Osaka Bay from May, 1971 to December, 1972. Histograms differentiated from formulas (1) and (3) described in the text show each age group, and solid line is mean growth curve of each age group derived from formula (2). N is the number of the specimen.

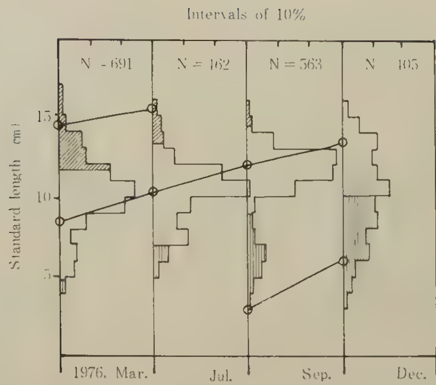



Fig. 4 Distributions of the standard length on the mantis-shrimp in Osaka Bay from March to December, 1976. The expression is the same as those in Fig. 3.

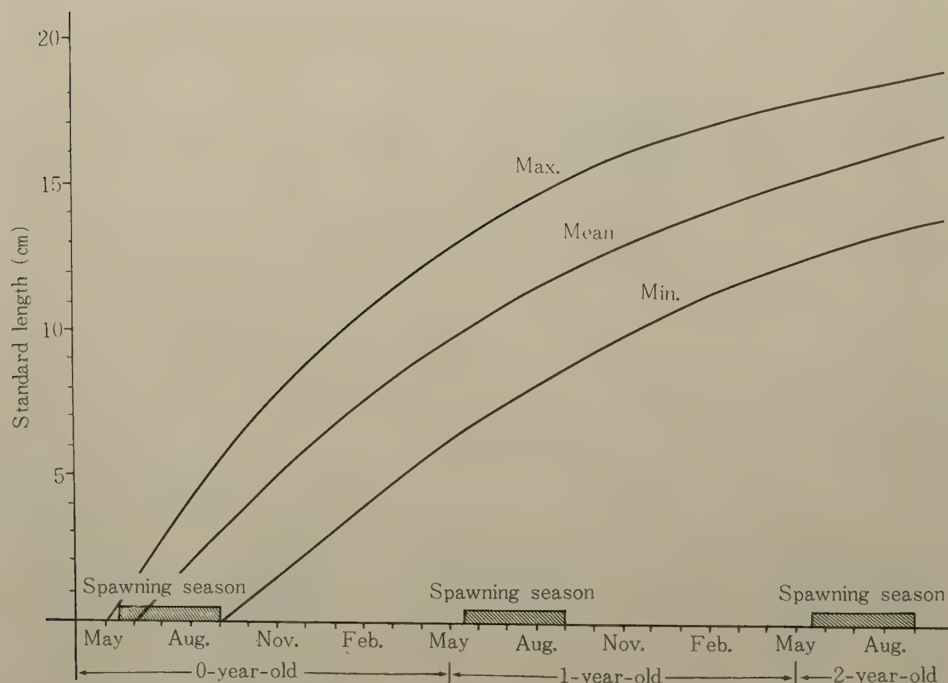



Fig. 5 Estimated growth curves of mantis-shrimp in Osaka Bay. Curves of Max. Mean and Min. were calculated from formulas (1), (2) and (3) respectively.

期にわたること，したがって体長範囲が拡がり，種々の漁獲状況によって体長組成が異なってくることによると思われる。なお，東京湾の産卵期は５月～７月と推定されている[4);5)]。

以上のようにして推定された成長曲線を，VON VERTALANFFY の成長式にあてはめると次のようになる。

群の最大：$Lt=20.89\{1-e^{-0.0821(t+0.611)}\}$ (1)

群の平均：$Lt=19.57\{1-e^{-0.0664(t-0.665)}\}$ (2)

群の最小：$Lt=18.95\{1-e^{-0.0558(t-3.880)}\}$ (3)

$t=0$ は6月，t は月単位，Lt は t 時の体長（cm）

## 2. 体長・体重関係および産卵数

体長Lと体重Wの関係式は，林・辻野[1] により，次式が求められている。（単位：g，cm）

雌 $W=0.01298\cdot L^{3.0011}$ (4)

雄 $W=0.01111\cdot L^{3.0760}$ (5)

後の計算が容易となるように，次のようにしてこの式を3乗式に変更した。体長5～14cmまで1cmきざみで(4)，(5)式により雌雄別に計算体重を求めた。この体長体重の値を用いて，$W=A\cdot L^3$ の式へあてはめた。係数Aは次式により定めた[14)]。雌雄別にするほどの差はないので雌雄こみの式とした。

$$A=\frac{\Sigma\ W_i\cdot L_i^3}{\Sigma\ L_i^6} \quad (6)$$

結果は次のとうりである。

$W=0.01326.L^3$ (7)

一般的に言って体長・体重関係は，データを図にプロットした場合，曲線上にきれいに乗ることはなく，非常にばらつきの多いものである。シャコの資源解析に用いる場合，上述の(4)，(5)，(7)の三つの関係式のいずれを用いても計算体重には大きな差はなく，後の結果に大きな影響はないと言えよう。以下の解析には，取り扱いの容易な3乗式を用いることにする。

一尾の雌の産卵数Pと体長Lの関係式は，林・辻野[1] により，孕卵数の測定から次式が求められているのでこれを用いる。

$P=(1.208\cdot L-6.2)\times 10^4$ (8)

以上の結果から年令別，月別，体長，体重，産卵数を整理すると Table 1 のようになる。

## 3. 生活史

以上の結果からシャコの生活史としては，Fig. 6 に示すようなモデルを考えた。すなわち，シャコの産卵期は5月～9月であるが，計算を容易にするために，モデルとしては6月とした。以下，このように単純化を行なっている。6月における計算体重から計算すると，Table 1 に示すように，1尾の雌の産卵数は，1才で6.2万個，2才で12.4万個である。卵は約1ヶ月間雌親に抱かれて保護される。孵化したアリマ幼生はプランクトン生活を行ない，その期間は約1ヶ月，体長は0.4～2cmである[7),8)]。8月には体長2cmの稚シャコとなり底生生活に移る。採集標本の大きさや，商品サイズから考えて次のように想定した。体長4.9cmとなる11月迄の間は漁獲されない。11月から体長8.3cmとなる3月までは，漁獲されるが商品サイズとならず投棄される。投棄されたものは全て斃死していることとして扱う。翌年の4月に体長9.0cmとなり，漁獲されるものは商品として扱われるようになる。1才および2才の6月に産卵し，2才シャコは8月まで生存の後，寿命となり全て死滅する。なお，プランクトン期には海流により流され移動するが，底着したものは移動回遊はしないと考えた。

Table 1. The estimated growth and fecundity of mantis-shrimp in Osaka Bay.
(calculated from formulas (2), (7) and (8))

| Age in years | Calendar month | Standard length (cm) | Body weight (g) | Numbers of egg by a female ($\times 10^4$) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | June | — | — | |
| | September | 2.8 | 0.3 | |
| | December | 5.8 | 2.6 | |
| | March | 8.3 | 7.6 | |
| I | June | 10.3 | 14.5 | 6.2 |
| | September | 12.0 | 22.9 | |
| | December | 13.4 | 31.9 | |
| | March | 14.5 | 40.4 | |
| II | June | 15.4 | 48.4 | 12.4 |
| | August | 15.9 | 53.3 | |

## 4. 自然死亡係数の検討

資源量解析を行なうときに，常に当面する問題は，信頼できる自然死亡係数が得られないということである。ここでは大雑把な推定方法として，処女資源の年令別資源重量（biomass）を用いる方法を検討した[9]。

シャコに対する漁獲圧力が0の時は，シャコは自然死亡のみで減少していたはずである。岡山県でシャコが漁獲対象になってきたのは，1959～’60年以降の比較的最近のことである[2]。千田ら[2]は，1967年4～5月に，岡山県日生港において小型底曳の板曳網，小型底曳のえび漕網および桝網の漁獲物の銘柄組成を調査

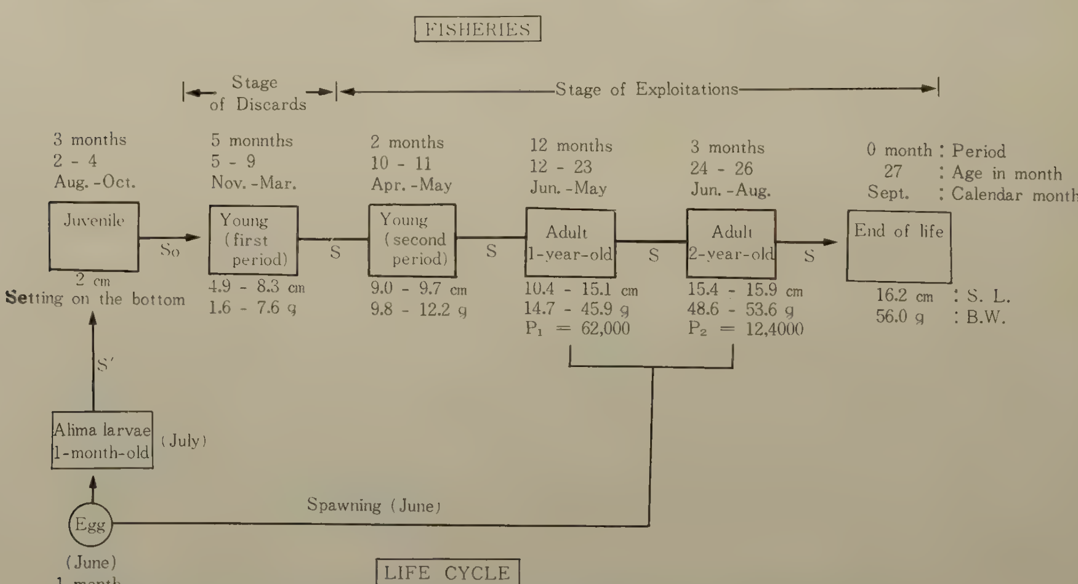



Fig. 6 The life cycle model of mantis-shrimp and fishing conditions in Osaka Bay.
$S'$, $S_0$ and $S$: survival rate for each stage S. L.: standard length
B. W.: body weight $P_1$ and $P_2$: numbers of egg spawned by a female for each age

している。前述の生活史および，成長曲線からすると，この時期は0才と1才が生息しており，その分離できる体長は13cmと考えられる。このことから千田らの調査した銘柄別の漁獲重量組成を年令別の漁獲重量組成に変換すると，板曳網では0才が46%，1才が54%であり，えび漕網ではそれぞれ，43%および57%である。桝網漁獲物はこれとはかなり異なるが、別の要因が働いているようである。すなわち産卵時には接岸移動がみられるために，大型群にかたよると推定されている。同じ年の食性調査では，シャコの胃内容物として共喰が多く観察されており，自己の体長の60%のものを喰べている例が報告されている[6]。東京湾における KUBO et al.[4] の報告では共喰は全く認められておらず，原ら[5] においても一例の報告にすぎない。これらのことから，1967年頃の岡山県のシャコは，比較的処女資源の状態に近かったと思われる。生残率（全減少率）をSとすると，0才の尾数 $N_0$ と1才の尾数 $N_1$ の関係は，次式で示される。

$$N_1 = N_0 \cdot S \qquad (9)$$

5月のシャコの大きさは，式(2)および(7)から計算すると，0才で12.2g，1才で45.9gであるから，全資源重量（0才と1才の合計）に対する0才の資源重量の割合 $P_0$ は次式で示される。

$$P_0 = \frac{12.2 \cdot N_0}{12.2 \cdot N_0 + 45.9 \cdot N_1} \times 100 \qquad (10)$$

(9)式を代入して整理すると

$$P_0 = \frac{12.2}{12.2 + 45.9 \times S} \times 100 \qquad (11)$$

となる。S と $P_0$ の関係を(11)式より計算し，Fig. 7 に示す。

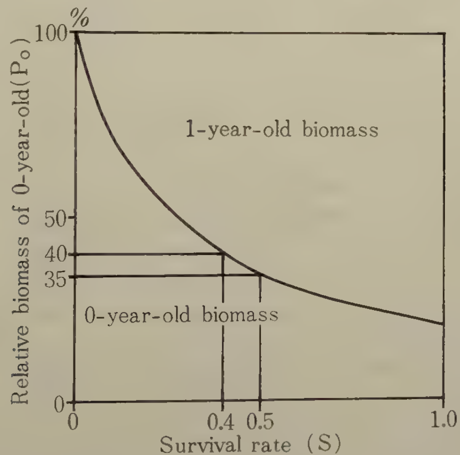



Fig. 7 The relative biomass of the 0-year-old mantis-shrimp ($P_0$) in the total stock in May and the survival rate (S) from 0-year-old to 1-year-old. (calculated from formula (11))

千田らの報告では，前述のように，0才の割合は，43～46%であった。しかし，1967年頃は，シャコ資源の利用がかなり増大してきていた時点でもあった。そこで真の処女資源では，0才の割合は，もう少し低かったと思われるので35～40%であったと考えた。これは Fig. 7 から見ると，S＝0.4～0.5に対応する。ここでは，一応S＝0.45を処女資源の生残率として採用することとし，この値を自然死亡率として扱う。した

がって自然死亡係数Mは次の値を用いる。

$$M = -\log_e S = 0.799$$

### 5, 加入以前の自然死亡係数

ここで平衡状態にある資源の加入以前における生残率がどの程度と考えられるかを検討してみる。Fig. 8

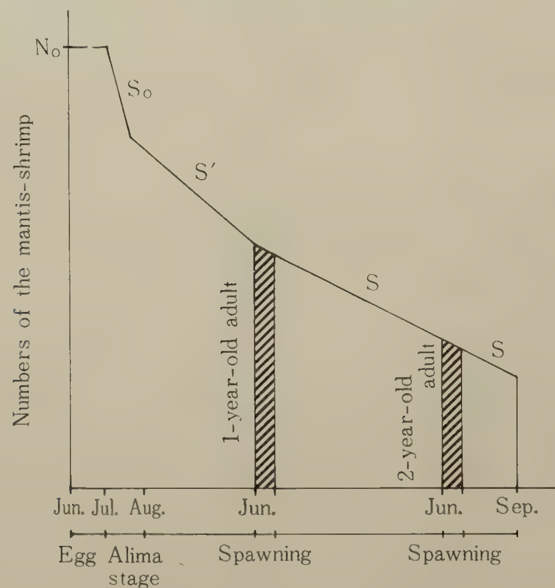



Fig. 8 Theoretical number of population in same year class.
$S'$, $S_0$ and S : survival rate in each period

に生残過程と産卵群数の模式図を示す。総産卵数を $N_0$，アリマ幼生の期間の生残率を $S'$，その後1才迄の生残率を $S_0$，1才以降の年間生残率を S とすると，次のようになる。

1才の初めの尾数　$N_0 \times S' \times S_0$

2才の初めの尾数　$N_0 \times S' \times S_0 \times S$

ここで資源が平衡状態にあるということは，総産卵数が同じレベルにあることと考える。すなわち，ある年の産卵群は一定の数の卵を産み，その産まれた卵からの子孫が一定の減耗の後，また前と同じ尾数の産卵群となり，以前と同数の卵を産むということである。雌を全体の½とすると，次の平衡式が成立する。

$$N_0 = \frac{1}{2}(N_0 \cdot S' \cdot S_0) \cdot P_1 + \frac{1}{2}(N_0 \cdot S' \cdot S_0 \cdot S) \cdot P_2 \qquad (12)$$

$P_1$, $P_2$ は1才および2才シャコの一尾当りの産卵数であり，ここでは一定とする。上式を整理すると次のとりである。

$$S' \cdot S_0 = 2/(P_1 + P_2 \cdot S) \qquad (13)$$

ここで，産卵数の推定値は前述のように，$P_1 = 6.2$ 万および $P_2 = 12.4$ 万である。前節で推定した処女資源の

自然死亡率 S ＝0.45を代入して上式を解けば，

$$S'\cdot S_0 = 1.6978\times10^{-5}$$

となる。これは処女資源においては 100 万粒の卵から１才のシャコになるのはわずかに17尾しかいないということである。 $S'\cdot S_0$ に対応する自然死亡係数を $M'\cdot M_0$ とすると，次のとおりである。

$$M'+M_0 = -\log_e (S'\cdot S_0) = 10.984$$

式⒀に示すように，平衡状態にある資源では１才のシャコになるまでの生残率 $S'\cdot S_0$ は，１尾当りの産卵数に変化がなければそれ以後の生残率 S から計算できる。ここで S が 0 ～ 1 に変化した場合，$S'\cdot S_0$ がどの程度変化するかを⒀式を用いて計算し，Fig. 9 に示した。１才以降の生残率 S が， 0 ～ 1 と大きく変化しても，加入前の生残率 $S'\cdot S_0$ が，1.1～3.2×$10^{-5}$ の範囲で変化すれば，資源の平衡は保たれることになる。

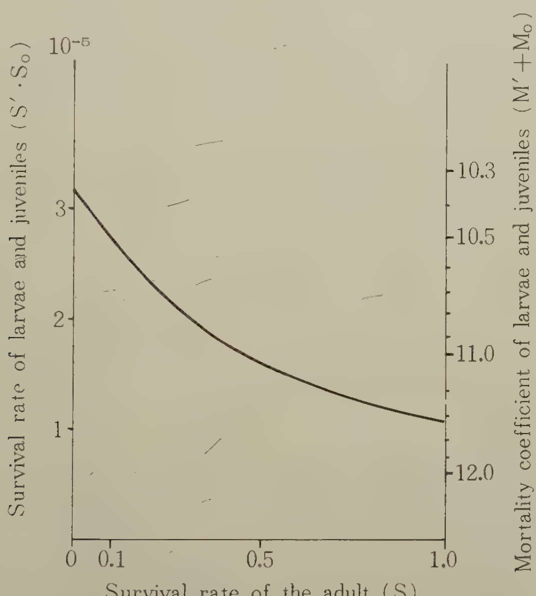



Fig. 9 The relationship between the survival rate of larvae and juveniles ($S'\cdot S_0$) and that of the adult (S) in the case of the stock in equilibrium. (calculated from formula (13))

次にアリマ幼生期を終了し，海底に定着したシャコの自然死亡係数 $M_0$ が親と同じく年単位で0.799と考えた場合のアリマ幼生期の生残率を検討してみる。定着後１才までの期間は10ヶ月であるので，$M_0$ は次のようになる。

$$M_0 = 0.799\times\frac{10}{12} = 0.667$$

したがって M' は次のとうりである。

$$M' = (M'+M_0) - M_0 = 10.984 - 0.667 = 10.318$$

親に保護されている１ヶ月間は，自然死亡はほぼ無視できるので，この M′ をアリマ幼生期約１ヶ月間の自

然死亡係数と見なしてよいであろう。

生残率 S′ は

$$S' = e^{-M'} = 3.30 \times 10^{-5}$$

となる。このことは孵化した100万粒の卵のうち，アリマ幼生を終了し，稚シャコになった時点では，33尾しか残っていないと言うことである。

### 6. 年令組成からの生残率の推定と資源量の検討

現在の大阪湾におけるシャコの生残率を推定するために，大阪湾のシャコ全体の，かたよりのない年令組成をつかむ必要がある。Fig. 3, 4 に示したように，季節や標本採集の場所により，推定される年令組成が異なるため，今回は次のような取り扱いを行なった。なるべく多くの個体の測定結果を利用するということから，大阪府水試によって1976年に大阪湾で行なわれた小型底曳網の一種である石桁網の試験操業による漁獲シャコの測定結果を用いた。資料は3ヶ月ごとに得られているが，そのうち3月と6月のものは加入が完了した後の時期のものと考えられる。9月と12月は0才群の一部がまだ小さいので漁獲されない。このことから，3月と6月の体長組成を Fig. 5 による成長曲線を用いて，前年発生群（3月に0才，6月に1才），前々年発生群（3月に1才，6月に2才）に分けた（Table 2)。境界として3月は11.5cm，6月は12.5cmとした。境界の含まれる級は半々に分けた。前々年発生群の尾数を，前年発生群の尾数で割ったものが，年間生残率と考えた。しかしその値は3月では 175/516=0.339，6月では 41/421=0.0974 で大きく異なる。そこでここではとりあえず3月と6月のそれぞれ対応する年令の尾数を加え合わせたもので計算し年間生残率とした。すなわちこれが現在の生残率である。前節で求めた自然死亡係数 M=0.799（年間自然死亡率 S = 0.45）を用いてその他の係数を次のようにして計算した。（年単位で計算）

Table 2. Differentiation of distributions in the standard length into age groups.

| Standard length in centimeters | March | | | Jnne | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Age in years | | | Age in years | | |
| | 0 + I | 0 | I | I + II | I | II |
| 2～ | | | | | | |
| 3～ | | | | | | |
| 4～ | 10 | 10 | | | | |
| 5～ | 30 | 30 | | 5 | 5 | |
| 6～ | 35 | 35 | | 22 | 22 | |
| 7～ | 24 | 24 | | 50 | 50 | |
| 8～ | 59 | 59 | | 33 | 33 | |
| 9～ | 141 | 141 | | 52 | 52 | |
| 10～ | 162 | 162 | | 144 | 144 | |
| 11～ | 110 | 55 | 55 | 101 | 101 | |
| 12～ | 56 | | 56 | 28 | 14 | 14 |
| 13～ | 50 | | 50 | 14 | | 14 |
| 14～ | 12 | | 12 | 11 | | 11 |
| 15～ | 1 | | 1 | 2 | | 2 |
| 16～ | 1 | | 1 | | | |
| Total | 691 | 516 | 175 | 462 | 421 | 41 |

現在の生　残　率　$S=(175+41)\ /\ (421+516)=0.231$

〃　全減耗係数　$Z=M+F=-\log_e S=1.467$

〃　自然死亡率　$D=\frac{M}{Z}(1-S)=0.419$

〃　漁獲係数　$F=Z-M=0.669$

〃　漁　獲　率　$E=\frac{F}{Z}(1-S)=0.351$

すなわち初期資源量（尾数）の35.1%が漁獲され，41.9%が自滅死亡，23%が翌年に残ることになる。なお，2才のシャコは産卵後9月に寿命となると考える。

シャコは漁獲されて後，投棄されるもの（すでに斃死している）がかなりあると言われているが，この実態については現在のところ数量把握は困難であり，調査されていないので，推定するしかない。しかし，大阪湾では比較的小型のものから利用されており，前述のようにここでは一応発生翌年の4月以降（体長9㎝以上）は利用されると考える。初期の生態と加入，漁獲の関係は Fig. 6 の生活史のモデルに示してある。なお，充分成長したシャコでも殻がやわらかい等の理由で投棄されるものもあるが，ここでは無視することとする。加入時期は，小型底曳網で漁獲されはじめる体長5㎝を考慮して，計算体長が3.9㎝となる11月とした。

以上で各種係数が定められたので，これを用いて資源量の計算を行なった。自然死亡係数，漁獲死亡係数は月単位に変換して計算した。式は次のとうり。但し，t は月数，$N_s$ は初期尾数である。

生　残　率　$S=e^{-(F+M)t}$　(14)

終期尾数　$N_e=N_s\cdot S$　(15)

漁獲尾数　$N_E=N_s\cdot\frac{F}{F+M}\cdot(1-S)$　(16)

自然死亡尾数　$N_D=N_s\cdot\frac{M}{F+M}\cdot(1-S)$　(17)

なお，月令5ヶ月―9ヶ月の間は漁獲されたものは全て死亡して投棄されると考えた。漁獲重量は，BEVERTON and HOLT の平衡年漁獲重量の式[13]を一部変更した次式を用いた。

$$Y_W=F\cdot N_s\cdot W_\infty\sum_{n=0}^{3}\frac{\Omega_n\cdot e^{-nK(t_s-t_0)}}{F+M+nK}\left\{1-e^{-(F+M+nK)\cdot(t_e-t_s)}\right\} \qquad (18)$$

ここで(18)式は，月令 $t_s$ 時の資源尾数 $N_s$ が，月令 $t_e$ までに漁獲される重量 $Y_w$ を求めるものである。$W_\infty$, K, $t_0$ は，VON BERTALANFFY の成長曲線の係数，$\Omega_0=-\Omega_3=1$, $-\Omega_1=\Omega_2=3$ である。すでに求められている自然死亡係数M－0.799/年，(0.0666/月）漁獲死亡係数F＝0.699/年，(0.0583/月）および成長式(2)，体長体重関係式(7)を用い，加入量 $N_0$ が100万尾の場合の資源変化を，(14)～(18)式により計算し，Table 3 に示した。

Fig. 10 には，加入一尾当りの等漁獲量曲線図を示した。ただし，加入月令は5ヶ月，体長 (S. L.)＝4.9㎝で，月令 $t_s$＝5ヶ月から $t_e$＝27ヶ月まで漁獲死亡係数Fは一様に作用するが，利用開始月令 $t_u$ までは小型のため商品サイズとならず，漁獲されても斃死後投棄されるため総漁獲量からは除いた。したがって(18)式は一部変更した次式となる。

$$Y_W/R=F\cdot W_\infty\cdot e^{-(F+M)\cdot(t_u-t_s)}\sum_{n=0}^{3}\frac{\Omega_n\cdot e^{-nK(t_u-t_0)}}{F+M+nK}\left\{1-e^{-(F+M+nK)\cdot(t_e-t_u)}\right\} \qquad (19)$$

Table 3. Changes of the stock in each age group. (calculated from formulas (14)—(18)) Number in parentheses represents the stock included in the discarded portion because of the small size. * represents the stock included in the natural death. $N_0 = 1{,}000{,}000$  $F = 0.0583$/month  $M = 0.0666$/month  $W_\infty = 99.38$  $K = 0.0664$  $t_0 = 0.665$  $t_e = 27$

| Age in years | 0 | | I | II | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Calendar month | Nov.—Mar. | Apr.—May | Jun.—May | Jun.—Aug. | |
| Age in months | 5—9 | 10—11 | 12—23 | 24—26 | |
| Period in months | 5 | 2 | 12 | 3 | |
| Mean length of the group (cm) | 4. 9—8. 3 | 9. 0—9. 7 | 10. 4—15. 1 | 15. 4—15. 9 | |
| Condition of the fishery | Recruit and Discards | Exploitation | | | |
| Initial stock in numbers ($N_s$) | 1, 000, 000 | 535, 529 | 417, 154 | 93, 191 | |
| Catch in numbers ($N_E$) | (216, 803) | 55, 254 | 151, 217 | 13, 594 | 220, 065 |
| Catch in weight ($Y_W$) (kg) | (1, 015. 8) | 668. 1 | 4, 167. 1 | 708. 4 | 5, 543. 6 |
| Mean body weight of the catch ($Y_W/N_E$) (g) | 4. 7 | 12. 1 | 27. 6 | 52. 1 | 25. 2 |
| Natural mortality in numbers ($N_D$) | 247, 668 | 63, 121 | 172, 745 | 15, 529 | 499, 063 |
| Final stock in numbers ($N_e$) | 535, 529 | 417, 154 | 93, 191 | *64, 069 | |

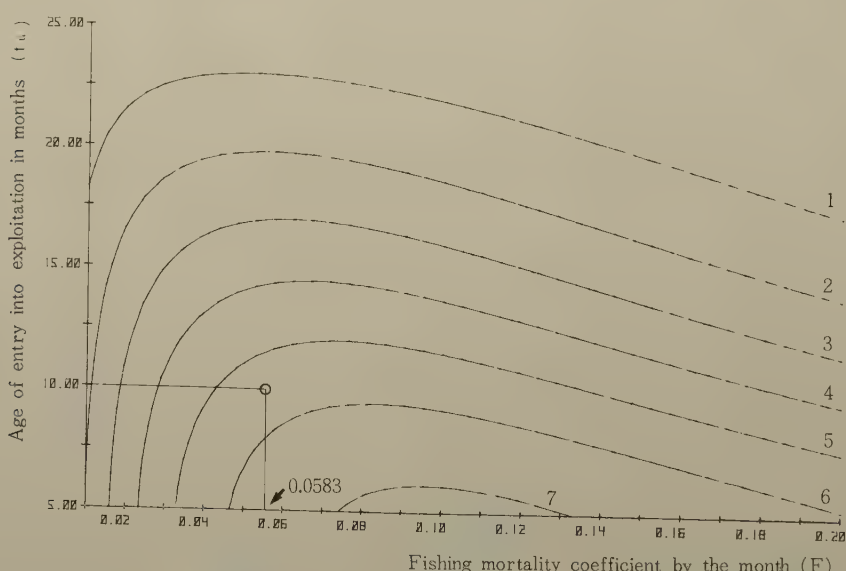



Fig. 10 The yield isopleth diagram of the mantis-shrimp in Osaka Bay. (1)
The isopleth represents the magnitudes of yield in grams ($Y_W/R$) in each condition.
The point P represents the present condition. (calculated from formula (19))
$M = 0.0666$/month  $W_\infty = 99.38$  $K = 0.0664$  $t_0 = 0.665$  $t_s = t_r = 5$  $t_e = 27$

すなわち，漁獲開始月令 $t_s$ は常に加入月令 $t_r$ と同じ5ケ月であり，縦軸は利用開始月令 $t_u$ を示す。月令 $t_s$ から $t_u$ までの間は漁獲死亡係数Fも加わって資源は減少するが，漁獲量には計上されない。Fig. 10 から判断すると，利用開始月令 $t_u$ を引き下げない限り，現在のFの水準は，ほぼ最大漁獲量を与えるものである。

通常の漁獲開始が利用開始であるとするモデル，すなわち，加入月令 $t_r$ が5ケ月とし，漁獲開始 $t_s$ が利用開始 $t_u$ と同時とした等漁獲量曲線を，Fig. 11 に示す。計算式は次のとうりである。

$$Y_W/R = F \cdot W_\infty \cdot e^{-M(t_s - t_r)} \sum_{n=0}^{3} \frac{\Omega_n \cdot e^{-nK(t_s - t_0)}}{F+M+nK} \cdot \left\{1 - e^{-(F+M+nK)\cdot(t_e - t_s)}\right\} \quad (20)$$

すなわち，加入後利用開始まで(19)式はZで減少し，(20)式はMで減少する式である。

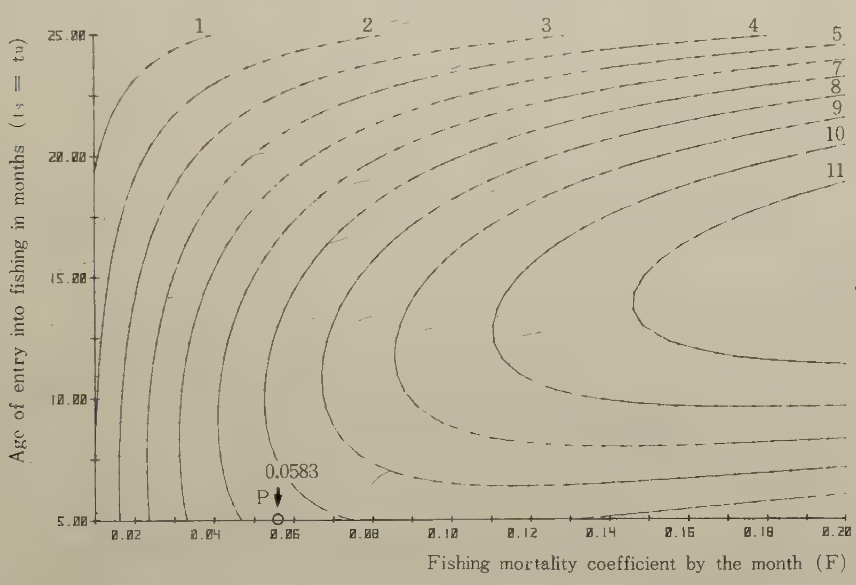



Fig. 11　The isopleth diagram of the mantis-shrimp in Osaka Bay. (2)
The isopleth represents the magnitudes of yield in grams ($Y_W/R$) of each F and $t_s$ ($=t_u$).
The point P represents the present condition. (calculated from formula (20))
$M=0.0666$/month　$W_{00}=99.38$　$K=0.0664$　$t_0=0.665$　$t_r=5$　$t_e=27$

投棄されるものも含んだ総漁獲量を増加させるには，漁獲開始期 $t_s$ を月令で10～14ケ月に引き上げ，また漁獲努力量を増やすのがよいことになる。ただし，漁獲開始期を引き上げなければ，漁獲努力を増大させることによって増える漁獲量は，わずかであり，しかも Fig. 10 に見るように，利用できるシャコの漁獲量は増加しない。すなわち，増加する部分は，現状では投棄される小型のシャコである。

大阪湾のシャコの漁獲量は1972～'77年の間で447～719 ton であった[3]。平均値としては，558 ton である。Table 3 に示すように，加入量が100万尾の場合の漁獲量は5,543.6 kgであるので，558 ton の漁獲がある場合の加入量は，

$$1,000,000尾 \times \frac{558\text{ton}}{5.54\text{ton}} = 100,700,000尾$$

Table 4. The estimation of mantis-shrimp stock in Osaka Bay.
$N_0 = 85.2 \times 10^6$, other parameters and symbols are the same as those in Table 3.
(units : $10^6$ and ton)

| Age in years | 0 | | I | II | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| Calender month | Nov.—Mar. | Apr.—May | Jun.—May | Jun.—Aug. | |
| Condition of fishery | Recruit and Discards | Exploitation | | | |
| $N_S$ | 100.7 | 53.9 | 42.0 | 9.4 | |
| $N_E$ | (21.8) | 5.6 | 15.2 | 1.4 | 22.2 |
| $Y_W$ | (102.3) | 67.3 | 419.7 | 71.4 | 558.4 |
| $N_D$ | 24.9 | 6.4 | 17.4 | 1.6 | 50.3 |
| $N_E$ | 53.9 | 42.0 | 9.4 | *6.5 | |

となる。同様にひきのばしを行ない，Table 4 に示す。すなわち，月令で５ヶ月となる11月に加入する尾数は100,700,000尾であり，翌年の３月までにこのうちの21,800,000尾が漁獲され投棄される。４月（月令10ヶ月）には53,900,000尾が存在する。利用される尾数の合計は22,200,000尾である。加入尾数の22.0％が利用されている。

## 7. 資源診断

資源状態が健全であるのか乱獲であるのかについていて，再生産力の減少割合から検討した。再生産力の指標としては総産卵数を用いた。他に判断基準がない場合，一般的な再生産曲線の形からいって，再生産力が処女資源の50～70％の間にあるのが適正な資源状態であり，70～100％では未開発，50％以下では乱獲であるといわれている[10]。総産卵数Ｅは次式で計算される。

$$E = \frac{R}{2}\left(e^{-t_1 Z} \cdot P_1 + e^{-t_2 Z} \cdot P_2\right) \qquad (21)$$

ここで，Ｒは加入尾数，$t_1$，$t_2$ は加入後１才および２才の産卵期までの月数，Ｚは全減耗係数（月単位），$P_1$，$P_2$ は１才および２才の産卵数である。

また，単位努力当り漁獲量の指標となる，漁獲対象の年平均資源尾数 $\overline{P_N}$，年平均資源重量 $\overline{P_W}$ は Beverton[12]によると次のとうりである。但し，投棄サイズも含む。（年単位で計算）。

$$\overline{P_N} = \frac{R}{Z}\left\{1 - e^{-(F+M)\cdot(t_e - t_s)}\right\} \qquad (22)$$

$$\overline{P_W} = R \cdot W_\infty \sum_{n=0}^{3} \frac{\Omega_n \cdot e^{-nK(t_s - t_0)}}{F+M+nK} \cdot \left\{1 - e^{-(F+M+nK)\cdot(t_e - t_s)}\right\} \qquad (23)$$

年平衡漁獲尾数 $Y_N$，年平均漁獲重量 $Y_W$ は次のとうりである。投棄サイズは除く。月単位で計算した。

$$Y_N = R' \cdot \frac{F}{F+M} \cdot \left\{1 - e^{-(F+M)\cdot(t_e - t_u)}\right\} \qquad (24)$$

$$Y_W = F \cdot R' \cdot W_\infty \cdot \sum_{n=0}^{3} \frac{\Omega_n \cdot e^{-nK(t_u - t_0)}}{F+M+nK} \cdot \left\{1 - e^{-(F+M+nK)\cdot(t_e - t_u)}\right\} \qquad (25)$$

ここで　$R' = e^{-(F+M)\cdot(t_u - t_s)}$　である。

Table 5. Calculated numbers for the assessment of the stock conditions. (calculated from formulas (21)—(25))

$R=10{,}000$ $t_1=7$ $t_2=19$ $M=0.799$/year (0.0666/month) $P_1=62{,}000$ $P_2=124{,}000$ $t_s=5$ $t_u=10$ $t_e=27$

$W_\infty=99.38$ $K=0.0664$ $t_0=0.665$

| Fishing mortality coefficient by the year (F) | Total numbers of spawned egg (E) ($\times 10^6$) | Average stock size in numbers during a year ($\overline{P_N}$) | Average stock size in weight during a year ($\overline{P_W}$) (kg) | Equilibrium annual catch in numbers ($Y_N$) | Equilibrium annual catch in weight ($Y_W$) (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | 370 | 9, 627 | 192 | 0 | 0 |
| 0.1 | 333 | 8, 986 | 172 | 551 | 16 |
| 0.2 | 301 | 8, 410 | 155 | 1, 000 | 28 |
| 0.3 | 272 | 7, 888 | 139 | 1, 364 | 37 |
| 0.4 | 247 | 7, 417 | 126 | 1 655 | 44 |
| 0.5 | 225 | 6, 989 | 114 | 1, 885 | 49 |
| 0.6 | 205 | 6, 600 | 103 | 2, 065 | 53 |
| 0.7 | 187 | 6, 246 | 94 | 2, 203 | 56 |
| 0.8 | 171 | 5, 922 | 85 | 2, 304 | 57 |
| 0.9 | 157 | 5, 626 | 78 | 2, 376 | 58 |
| 1.0 | 145 | 5, 355 | 71 | 2, 422 | 58 |
| 1.1 | 139 | 5, 227 | 68 | 2, 438 | 58 |
| 1.2 | 123 | 4, 876 | 60 | 2, 457 | 57 |

以上の式にもとづいて計算した結果を Table 5 に示す。加入量R＝10,000とし，成長式は前と同じものを用い他の係数の値は表頭に示した値を用いた。この表からF＝0の時の総産卵数E，年平均資源尾数N，年平均資源量Wをそれぞれ100とした相対値を計算し，Fig. 12 に示した。この図から判断すると，現在のF＝0.669は総産卵数すなわち再産産力が処女資源の50%に近い位置にある。同時に，これ以上Fを増大させても漁獲重量が大きくは増大しない位置である。従がって，現在の漁獲水準はシャコにとってほぼ適正な状態であると判断できよう。しかしこれ以上の漁獲努力の増大は好ましくない。一方，Fig. 10 の等漁獲量曲線からも，利用開始月令を下げなければ，現在のFはほぼ最大の漁獲量を上げる水準にあると言えよう。

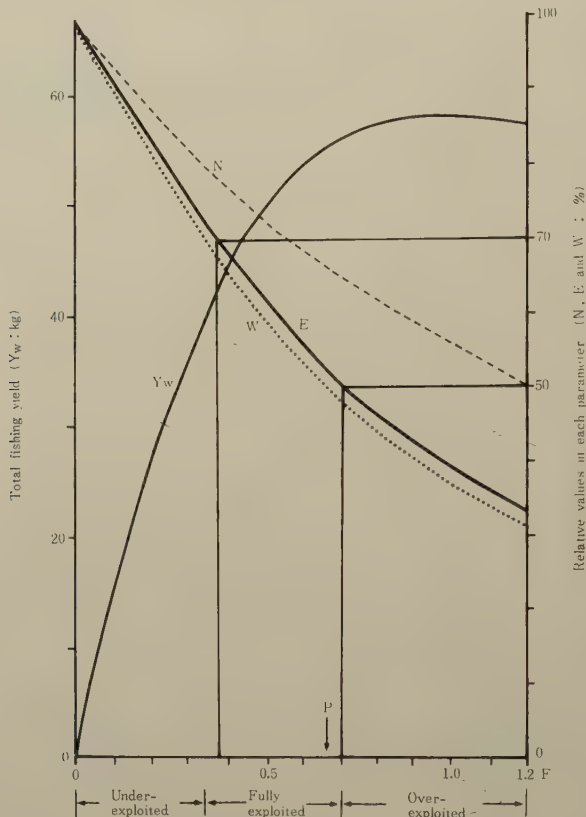



Fig. 12 Theoretical diagrams for the assessment of stock conditions. (calculated from formulas (21)－(25)) Parameters are the same as those in Table 3.
N : mean annual population size in numbers
W : mean annual population size in weight
E : numbers of total egg spawned by the population
$Y_W$ : total fishing yield in weight (exclusive of discards) when the number of the recruitment is ten thousands
F : fishing mortality coefficient by the year

## 論　　議

大阪府のシャコの漁獲量については，Table 6 に示すように1956年から統計が得られている。ただし1963年迄は「その他の水産動物」として分類されているがこれはすべてシャコであると説明されている。（1963年2月付の内海区水研林資源部長宛の大阪水産統計課長の回答文書による。）したがって大阪府では，かなり古くからシャコが漁獲されていたようである。しかし瀬戸内海の多くでは，岡山県のように比較的近年になって食用とされるようになった。（福岡県豊前海，愛媛県燧灘等での聞き取りによる。）大阪府の20年以上の水揚統計から見ると，大阪湾のシャコは年変動はあっても，比較的安定した資源と言えよう。

Table 6. Anual catch of mantis-shrimp in Osaka prefecture.

(ton)

| Year | Catch | Year | Catch | Year | Catch |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1960 | 399 | 1970 | 399 |
| | | '61 | 249 | '71 | 498 |
| | | '62 | 571 | '72 | 622 |
| | | '63 | 365 | '73 | 445 |
| | | '64 | 434 | '74 | 403 |
| | | '65 | 509 | '75 | 433 |
| 1956 | 397 | '66 | 559 | '76 | 402 |
| '57 | 337 | '67 | 675 | '77 | 502 |
| '58 | 445 | '68 | 291 | '78 | |
| '59 | 308 | '69 | 527 | '79 | |

大阪湾の環境悪化や，漁獲強化の影響により，小型底曳網の漁獲物は，高級魚種の減少や小型化により質の低下が著しい[16]。その中で比較的安定していたシャコは，小型底曳網の主要な対象魚種の一つとなり，それに対する漁獲努力は近年増大する傾向にあるので今後の変化には注意せねばならないだろう。

成長曲線の推定は資源解析の中で重要な部分であるが，今回の報告では，まだ検討が不充分な点があろう。Kubo *et al.*[4] は体長組成を Harding[17] の方法によって正規分布に分解し，群分けを行ない，それぞれ対応する群をまとめてつなげることによって，成長曲線を求めている。Harding の方法または Cassie[18] の方法による体長組成の正規分布への分解は，標本数が多く，度数分布の級分けを多くし，各群がかなり正規分布に近い分布をしている場合は，うまくゆくが，そうでない場合は，正規確率紙上での変曲点の位置の決定が微妙であり，客観的な群識別ができない。最近は大型計算機を用いてくりかえし近似計算によって，体長組成を年令組成に分ける方法が提唱されているが，各群の分散が大きい場合や，データが正規分布から大きくはずれている場合等はやはりうまく分解できないようである（嶋津）[19]。シャコの体長組成資料では，一般に，年令別のはっきりしたピークが出現せず，Harding 法を適用した場合，群を多く分けすぎる傾向が見られる。そのために，Kubo *et al.* の結果は成長が遅く，寿命は長く推定していると思われる。加入以前の成長については，標本採集が困難なことから，まだはっきりしない点がある。Kubo *et al.*[4]，千田ら[2] は筆者らの見解より半年～1年遅いと見ている。

成長の季節変化を無視して解析したが，季節により成長の遅速があるようである。現時点では研究者により見解が異なる。すなわち，千田ら[6] は冬期も活発に摂餌していると報告しているが，原ら[5] は12月～4月の成長は遅く，4～6月の成長は急速であるとしている。林・辻野[1] は肥満度の変化から，産卵後の8月頃が，脱皮・成長が一番盛んであろうとしている。

筆者らは，本論文をまとめる過程で，多くの研究者の意見を参考にし，モデルの変更を行なってきた

が[20),21),22)]，現在の知識水準は必ずしも充分でない。なお，千田ら[2),6),7)]はシャコの体長として，穿孔法のために telson の中央の切込み後端までを測定している。前端までを測定する標準体長より，約1.2%長いと言う。しかし他の資料と比較する場合に，問題とする程の値ではない。

自然死亡係数Mおよび全減耗係数Zは非常に簡便な方法で推定しており，今後より詳細な調査が必要である。その他，産卵期，投棄されるもの，漁獲努力，交尾や産卵期の移動と関連した生態等についての知見は充分とは言えず，これらをあきらかにするとともに資源解析のモデルに組み込んで行く必要があろう。

## 要　　約


大阪湾のシャコについて既存の資料を中心に生活史を整理し，入手可能な限られた資料をもとに資源状態の概要を推定した。またそれを用いて，資源診断を行なった。

1. 平均的な成長曲線は，次式を推定した。(Fig. 5)

$$Lt=19.57\ \{1-e^{-0.0664\ (t-0.665)}\}$$

Lt：t 時の体長（単位：cm），t：月令，t=0 は6月

また，産卵は1才および2才で行ない，2才の産卵後寿命となる。(Fig. 6)

2. 開発初期の資源状態を示していると考えられる1967年の岡山県のシャコの漁獲物の銘柄組成を年令組成に変換し，それを年令別資源重量（biomass），と見なした。それから処女資源の年間生残率 S=0.45を推定し，それに対応するM=0.799を自然死亡係数とした。(Fig. 7) 一方，試験操業による漁獲物標本を，推定された成長曲線によって年令組成に分割し (Table 2)，それから全減耗係数Z=1.467を求めた。

推定された自然死亡係数と，年令別産卵数から，平衡条件を前提として，加入以前の死亡係数 $M'+M_0$ についても検討した。(Fig. 9)

3. 成長および減耗に関する推定された係数を用いて，生活史のモデル (Fig. 6) にそって計算し，大阪湾の漁獲量から，実際の資源の動態を計算した。(Table 4).

4. 以上の係数をもとに，資源診断図表 (Fig. 12) を作製し，シャコにとっては現在の漁獲水準は，ほぼ適当な状態であろうと判断した。


## 文　　献


1）林凱夫・辻野耕實，1978：大阪湾産シャコの漁業生物学的研究．大阪水試研究，**5**，116—135.

2）千田哲資・清水昭・原田徳之，1969 a ：岡山県東部におけるシャコ漁業．岡山水試昭43事業報告．5—12.

3）ANON. 1980：瀬戸内海漁業灘別漁獲統計累年表．中四国農政局（監修），227 pp.

4）KUBO, I., S. HORI, M. KUMEMURA, M. NAGANAWA and J. SOEDJONO, 1959：A biological study on a Japanese edible mantis-shrimp, *Squilla oratoria* DE HAAN. J. Tokyo Univ. Fish., **45**(1), 1-25.

5）原武士，他，1963：東京湾産シャコについて．東京水試調研要報，**38**(Ⅱ)，1—22.

6）千田哲資・清水昭・原田徳三，1969 b ：シャコの食性．特に共食いについて，岡山水試昭43事業報告，13—19.

7）千田哲資・清水昭・原田徳三，1969 c ：瀬戸内海のシャコ卵巣の季節変化．同誌，20—29.

8）千田哲資，1967：瀬戸内海におけるシャコ幼生の出現と垂直分布．日水誌，**33**(6)，508—512.

9）土井長之，1977：メキシコ産アワビの資源診断．日本水産資源保護協会，月報(154)，5—13.

10）土井長之，1972：実戦数理資源学概論．第3部，東海区水研，61—98.

11）土井長之，川上武彦，1979：日本近海産スルメイカの生物生産と漁業の管理．東海水研報，**99**，65—82.

12）BEVERTON, R. J. H. 1954：Notes on the use of theoretical model in the study of the dynamics

of exploited fish populations. Miscel. Cont. No. 2. U. S. Fish. Lab., Beaufort, North Calolina 138 pp.

13) Beverton, R. J. H. and S. J. Holt, 1957: On the dynamics of exploited fish populations. H. M. Stationery Off., London, Fish. Invest., Ser. II, **19**, 533 pp.

14) 土井長之 1978：鯨の体重所論. 鯨研究通信，**318**, 57—64.

15) Anon. 1957-1978: 大阪府水産統計年報. (1956—1977)，農林省大阪統計情報事務所.

16) 林凱夫，1974：大阪湾の漁場環境と底生生物相について. 大阪水試研究，**4**, 42—75.

17) Harding, J. P. 1949: The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. K. Marine Biol. Ass. U. K., **28**, 141-153.

18) Cassie, R. M. 1954: Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Australian J. Marine and Freshwater Res., **5**, 513-522.

19) 嶋津靖彦，1980：体長組成から年令組成を推定する一方法. 昭和54年度ＧＳＫ（西日本底魚）会議報告，水産庁，36—46.

20) 石岡清英，1978：大阪湾のシャコ資源の解析（予報）. 昭和52年度同誌，36—48.

21) 石岡清英・土井長之・林凱夫・吉田俊一，1978：大阪湾シャコの資源解析と資源診断. 昭和52年度関西国際空港漁業環境影響調査報告，第三分冊，漁業生物編，日本水産資源保護協会，471—487.

22) 石岡清英，1980：資源量推定の考え方について—大阪湾のシャコを例として. 昭和54年度南西海区ブロック内海漁業研究会報告，南西水研，85—92.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 81~91 (1981)

# 魚群探知機によるカタクチイワシシラスの現存量推定とそれにもとづく総補給量の検討

髙尾　亀次・石岡　清英・土井　長之*

# The Standing Crop of Japanese Anchovy (*Engraulis japonica* Houttuyn) "Shirasu" by an Echo Sounder and the Discussions on Its Total Recruitment

Kameji TAKAO, Kiyohide ISHIOKA and Takeyuki DOI*


The abundance of autumn brood "shirasu" - juvenile (T.L. 15-35 mm) of Japanese anchovy (*Engraulis japonica* Houttuyn) -inOsaka Bay was estimated as follows :

1. The following two methods were tried to estimate the standing crop of fish schools from the echo traces.

   A : A relation between the product of length by height of echo trace of a fish shool and the amount of subsequent catch (Fig. 1).

   B : A relation between the number of echo trace and the amount of subsequent catch (Fig. 2).

   Comparing two methods mentioned above, the latter, B method was used to estimate abundance of fish school.
2. The q was obtained from "shirasu" abundance estimated by B method and daily catch report at 6 main fishing ports for "shirasu".
3. The following mathematical model was used to estimate an abundance of autumn brood "shirasu" of Japanese anchovy.

$$N=\frac{R}{M+F}\left[1-e^{-(M+F)\,t}\right]$$

$$C=\frac{FR}{M+F}\left[T-\frac{1-e^{-(M+F)\,T}}{M+F}\right]$$

N ; Stanidng crop of "shirasu"
R ; Total recruitment in number of fish per day
C ; Total catch during fishing day T
M ; Natural mortality coefficient per day
F ; Fishing mortality coefficient
X : Mean number of fishing botas operated per day
T : Period of fishing season in number of days
t : Time in days

Using above the mathematical model, the abundances of "shirasu" were estimated to be 9,792 tons in 1976, 4,644 tons in 1977 and 2,712 tons in 1978.


1980年12月22日受理，南西海区水産研究所業績 第107号
＊東海区水産研究所（Tokai Regional Fisheries Research Laboratory）

4. Examining the both results on this paper and on the catch data of spawner from 1976 to 1978, it is assumed that the decreasing trend of the total recruitment in the recent years is attributed to the gradual decrease in spawning fish and the subsequent reduction of eggs.

南西海区水産研究所は昭和30年以来瀬戸内海関係水産試験場と協力して，カタクチイワシの漁業および資源調査を行なってきた。瀬戸内海では，外海発生群の「入込み現象」もあって，複数の発生群が時空的に錯綜している。それを漁獲対象にする漁業種類も多く，それらの漁獲努力の投入量も漁況や需要と供給などに左右される。従来瀬戸内海のカタクチイワシについては，季節別発生群の識別，各発生群の環境との対応関係などが研究の中心であったが，200カイリ水域内の水産資源の見なおしと，有効利用が叫ばれるようになるのに伴って資源量評価が重要な研究課題となった。資源量を推定する方法は，次の2種類に分けられる。

i）漁業情報を数理的に処理する方法，即ち努力量，漁獲量の統計を解析するもの。

ii）漁獲情報に依存しないいわゆるクイックアセスメントと呼ばれる方法。

例えば魚群探知機（以後「魚探」と云う）を利用する方法や産卵量調査から親魚量を推定する方法等である。i）の方法を適用するには漁獲努力量が標準化されるかまたは努力の質が同一である事が必要である。当海域のカタクチイワシ漁業の場合，先述したように努力量の内容が複雑で標準化は困難である。そこで筆者らは，魚探調査により現存量を把握する試みを行なった後，漁獲統計を用いて総補給量を推定した。

魚探による魚群量推定の試みは，横田[1]が日向灘・豊後水道のイワシ類成魚群について，影像面積と影像の濃淡との積和で数値化した試みで始まる。その後，神浦[2)3)]，能津[4)]，大川三栖[5)]青山・見元[7)]らは影像の濃淡を厳密に定量化する事のむずかしさから魚群量の推定には影像面積のみを用いて行なっている。近年，土井[6)]は南氷洋の沖アミの単群は球状と仮定して，魚探の影像記録から長径および密度などを統計学的に推定して現存量を求めている。成魚の影像は一般的に塊状をなすが本報告で取り扱う影像はシラス群であり，その影像は点状に近い，シラス単群間には量的差はないと仮定し，その影像の数を用いて魚群量を求めた。別途従来の影像面積からの魚群量の推定も試み両者を比較検討した。ここで調査対象にした資源は大阪湾における秋生まれカタクチイワシシラスである。産卵は，8～11月にわたり，つぎつぎに発生加入がみられる。ふ化後約1カ月で漁獲され始め，漁獲対象期間は約1カ月である。その後はカエリ，小羽に成長し，漁獲対象とはならなくなる。当然この間の自然死亡も考えなくてはならない。したがって推定された魚群量は調査時点での現存量ではあっても，秋漁期全体の資源量とは云えない。資源量としては秋漁期全体の総補給量を考えなくてはならない。筆者らは求められた現存量(P)と対応する時期の1隻当り漁獲量(w)と出漁隻数(f)から，漁獲能率q（$q=\frac{1}{f}\cdot\frac{P}{w}$）を求め，数理モデルを組み立てて，総補給量を求めた。

本文に入るに先立ち本研究について御教示と御校閲をいただいた内海資源部長，倉田博博士，同部第一研究室長上田和夫氏に感謝の意を表します。また，大阪水試吉田俊一，林凱夫，辻野耕実の各位には，調査についての御協力をいただいた事を深く感謝します。

## I. 魚探影像による現存魚群量推定

### 1） 魚探及び漁獲調査の方法

魚探調査並びに漁獲試験のために，大阪府岸和田市春木漁業協同組合所属のぱっち網漁船義丸，9.66トン（網船2隻，手船兼魚探船1隻）を用船した。

本調査に使用した魚群探知機は，NJA171型日本無線製である。本機は3周波を有するが，本調査では，75zHkに設定した。超音波の発射回数は毎分114回で感度は1で測定した。記録紙は乾式，移動速度毎分40㎜，使用したレンジは，0～60mとし，全調査期間をつうじて同一条件で作動させた。

最初の調査として，魚探船による魚探影像と，その影像に対応する魚群量を把握する実験を行なった。

大阪湾のハッチ網が，シラスを漁獲する場合1回当りの曳網時間は，ほぼ1時間であり，曳網速度は約1

ノットである。あらかじめ魚探船で魚群を探索し，魚群を発見したらその魚群の位置と大きさを把握するために魚探船を操船した。調査に際しては，魚探船は２ノットで魚群の中心部を航走し，網船は魚探船を追跡するように操船曳網した。

### 2）魚群量推定方法

網船による漁獲量を曳網面積中の魚群量とみなした。この漁獲量と魚探影像との関係を調べ魚探影像を魚群量に変換するには以下のA・Bの二つの方法を用いて算出し，どちらが適当かを検討した。調査は昭和52年10〜11月間に延べ９回（曳網数67回）行なった。

A　単群影像面積の総和からの魚群量推定

シラスの魚探影像から魚群量指数(X)は次のようにして求めた。$X=\Sigma\ (L_i\ \times H_i)$ ………(1)

$L_i$　：i 番目の単群の記録紙上の影像から換算した魚群の最大の長さ(m)

$H_i$　：i 番目の単群の記録紙上の影像から読み取った魚群の最大の高さ(m)

この魚群量指数(X)とそれに対応するシラス漁獲量(Y)との関係から魚群量を推定した。

B　魚群影像の単群数からの魚群量推定

シラスの単群影像は点状に近い。各単群の影像に大・小の差はないと仮定し，魚探に記録された影像の単群の数を求めた。単群の数(N)とシラス漁獲量(Y)との関係から魚群量を推定した。

### 3）結果及び考察

A　単群影像面積の総和からの魚群量推定結果

用船調査より得られた魚群量指数（X）とそれに対応するシラス漁獲量（Y）との関係を，Fig. 1 に示

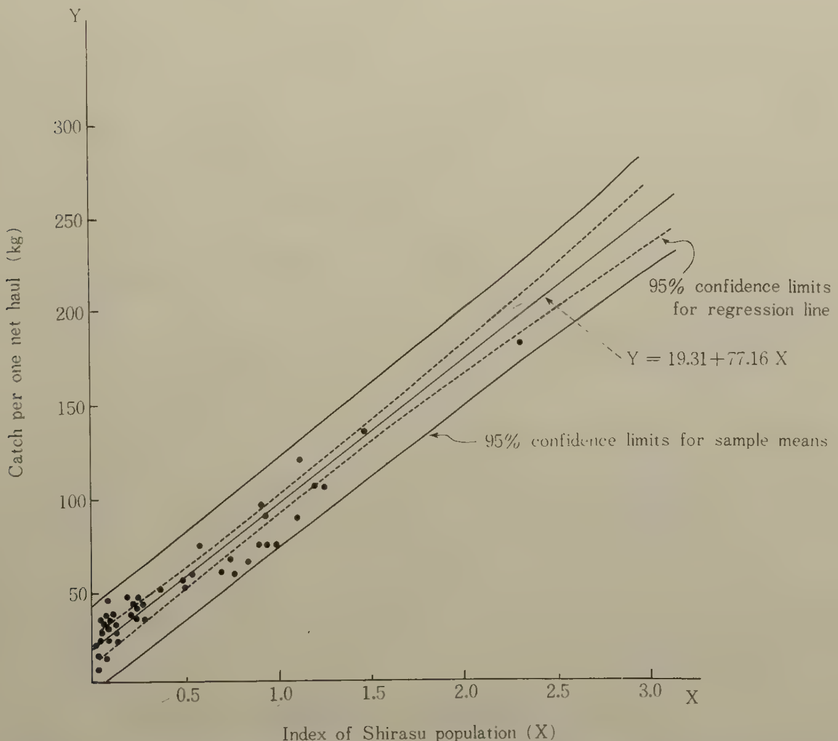



Fig. 1　Relationship between the population indices of autumn hatched shirasu(X) and the catch amount per one net haul in Osaka Bay in 1977.

す。最小二乗法によって直線式を求めたところ次のとおりである。

$$Y = 19.31 + 77.16X \cdots\cdots (2)$$

また，同時に予測値に対する95%信頼限界と母回帰線に対する95%信頼限界を求め図に示した[10]。魚群量指数（X）に対する漁獲量（Y）の回帰直線は，原点を通らずY切片は19.31（kg）である。大川・三栖[5]も油谷湾で魚探反応記録の面積とカタクチイワシ（シラス～小羽）の漁獲量との関係を調査し，両者の関係は直線で表わせるが，やはり原点を通らないという結果を得ている。しかし実際には魚群量が0の場合は魚群量指数も当然0となるはずである。従って魚群量指数が0の場合はその区のシラス漁獲量推定値として0 kg，および19.31 kgの2つの推定値を用いることにした。

B，魚群影像の単群数からの魚群量推定結果

魚群影像からみて秋シラスは，単群の長さ2～3 m，高さ0.3～0.5 mで群の大きさに差がみられない事から，単群の数で魚群量を推定する試みを行なった。単群の数（N）と漁獲量（Y）との関係を Fig. 2 に示す。両者の関係は

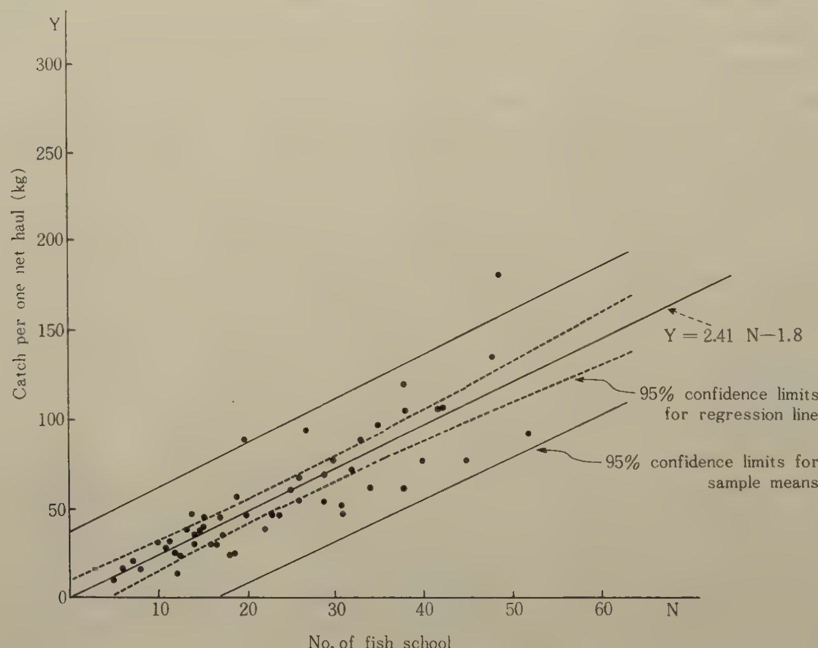



Fig. 2 Relationship between the number of images of fish school shown in the echo sounder and the catch amount in Osaka Bay.

$$Y = 2.41N - 1.80 \cdots\cdots (3)$$

で表わされた。この直線はほぼ原点を通っている。またAの方法と同様予測値に対する95%信頼限界と母回帰線に対する95%信頼限界を図に示した。

## II. 全調査域の現存魚群量（P）と漁獲能率（q）の推定

### 1） 調査時期と調査水域および調査定線

昭和53年10～12月間に延べ8回魚探船を走査し，大阪湾における秋シラス魚群量調査を行なった。調査定

線は同海域を南北18マイル，東西12マイルの調査域を設定し，横田[1]・能津[4]らの報告を参考に，2マイル間隔で南北方向に6本設定し，大阪府側から淡路側に向けてA，B，C，D，E，Fとした。各定線には，1マイルごとに定点を設け，これを北から順に st. 1～19とした。これら調査線上をほぼ7ノットで航走し，1向の調査を約8時間で終るよう設定した。なお各定点間の航走において魚探影像から推定した魚群現存量は，パッチ網の幅で長さ1マイルの面積内の魚群量とし，かつ，それは航走軸を中心とした2平方マイル（1×2）に存在する魚群量の代表値と考えて，ひきのばしを行なった。

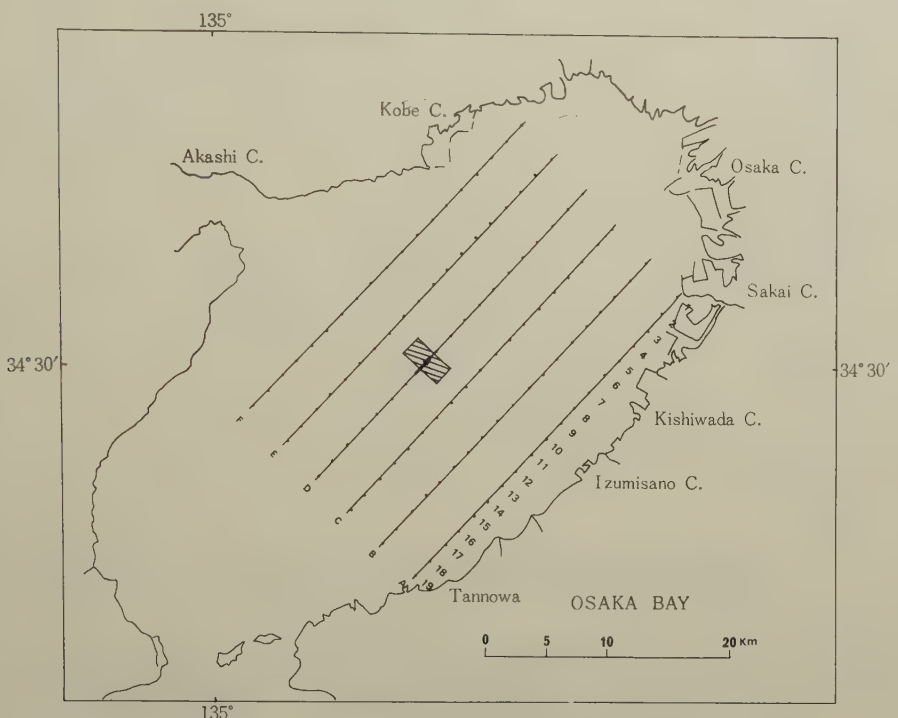



Fig. 3 Survey lines of echo sounding in Osaka Bay. Rectangle area of 1×2 miles shows survey block in which shirasu stock of $Y_i$ kg is estimated to be existed (see Tables 2 and 3).

**2) 全調査域の現存魚群量推定**

全調査域の魚群量は，先述のA・B両方法により求めた。

A　先にも述べたように魚群影像が見られない調査区のシラス漁獲量は0あるいは19.31 kgであるとみなすと，全調査域のシラス魚群量の推定値は，以下のように考えられる。

i) 魚群量指数 $X_i$ が0のとき魚群量も0とした場合。

魚群量の総計を $P_1$ とすると，

$$P_1 = \sum_{i=1}^{n_1} Y_i \times \frac{W}{R} \cdots\cdots\cdots(4)$$

W：調査区の東西2マイルの幅（3704m）

R：パッチ網の曳網中の袖網の幅（74m）

Table 1. Catch of autumn hatched shirasu at the main fishing ports of anchovy fishery in Osaka and Hyogo prefecture (1978).

| Day | Osaka Pref. | | | | | | | | Hyogo Pref. | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Oct. | | Nov. | | Dec. | | Total | | Oct. | | Nov. | | Dec. | | Total. | | Sum | total |
| | N | C | N | C | N | C | N | C | N | C | N | C | N | C | N | C | N | C |
| 1 | 26 | 2, 430 | 6 | 720 | 14 | 3, 760 | 46 | 6, 910 | 7 | 125 | 10 | 66 | | | 17 | 191 | 63 | 7, 101 |
| 2 | 20 | 2, 100 | 6 | 960 | | | 26 | 3, 060 | | | | | | | | | 26 | 3, 060 |
| 3 | 13 | 1, 500 | | | 26 | 7, 540 | 39 | 9, 040 | | | | | | | | | 39 | 9, 040 |
| 4 | 7 | 720 | | | 26 | 3, 980 | 33 | 4, 700 | | | | | | | | | 33 | 4, 700 |
| 5 | | | 14 | 1, 120 | 4 | 600 | 18 | 1, 720 | | | | | | | | | 18 | 1, 720 |
| 6 | 14 | 1, 200 | 5 | 600 | 25 | 5, 060 | 44 | 6, 860 | | | | | 5 | 25 | 5 | 25 | 49 | 6, 885 |
| 7 | | | 7 | 1, 260 | 26 | 3, 160 | 33 | 4, 420 | | | | | | | | | 33 | 4, 420 |
| 8 | 19 | 1, 680 | 14 | 1, 400 | 26 | 2, 590 | 59 | 5, 670 | | | | | | | | | 59 | 5, 670 |
| 9 | 7 | 240 | 3 | 480 | | | 10 | 720 | | | | | | | | | 10 | 720 |
| 10 | | | 10 | 820 | 20 | 5, 040 | 30 | 5, 860 | | | | | | | | | 30 | 5, 860 |
| 11 | 7 | 0 | | | 6 | 990 | 13 | 990 | | | | | | | | | 13 | 990 |
| 12 | 20 | 2, 550 | 7 | 700 | 20 | 3, 120 | 47 | 6, 370 | | | | | | | | | 47 | 6, 370 |
| 13 | 7 | 1, 800 | | | 20 | 2, 790 | 27 | 4, 590 | | | | | | | | | 27 | 4, 590 |
| 14 | 7 | 960 | 12 | 1, 570 | 7 | 700 | 26 | 3, 230 | | | 17 | 437 | | | 17 | 437 | 43 | 3, 667 |
| 15 | 13 | 90 | 6 | 1, 400 | 2 | 240 | 21 | 1, 730 | | | 14 | 437 | | | 14 | 437 | 35 | 2, 167 |
| 16 | | | | | | | | | | | 5 | 600 | | | 5 | 600 | 5 | 600 |
| 17 | 26 | 4, 290 | 13 | 1, 100 | 20 | 2, 490 | 59 | 7, 880 | | | 5 | 1, 175 | | | 5 | 1, 175 | 64 | 9, 055 |
| 18 | 26 | 1, 920 | | | 14 | 2, 400 | 40 | 4, 320 | | | | | | | | | 40 | 4, 320 |
| 19 | 26 | 1, 920 | | | | | 26 | 1, 920 | | | | | | | | | 26 | 1, 920 |
| 20 | 7 | 1, 440 | 6 | 1, 800 | | | 13 | 3, 240 | | | | | | | | | 13 | 3, 240 |
| 21 | | | 13 | 2, 400 | | | 13 | 2, 400 | | | | | | | | | 13 | 2, 400 |
| 22 | 13 | 4, 050 | 13 | 2, 460 | 20 | 4, 100 | 46 | 10, 610 | | | | | | | | | 46 | 10, 610 |
| 23 | 26 | 4, 210 | 14 | 2, 120 | | | 40 | 6, 330 | | | 11 | 125 | | | 11 | 125 | 51 | 6, 455 |
| 24 | 13 | 1, 320 | 4 | 1, 500 | 9 | 400 | 26 | 3, 220 | 16 | 300 | | | | | 16 | 300 | 42 | 3, 520 |
| 25 | 26 | 3, 020 | | | 20 | 1, 530 | 46 | 4, 550 | 6 | 75 | | | | | 6 | 75 | 52 | 4, 625 |
| 26 | 13 | 3, 300 | 13 | 2, 280 | 10 | 300 | 36 | 5, 880 | | | | | | | | | 36 | 5, 880 |
| 27 | 7 | 600 | 5 | 840 | 7 | 0 | 19 | 1, 440 | | | | | | | | | 19 | 1, 440 |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 7 | 1, 080 | | | 7 | 0 | 14 | 1, 080 | | | | | | | | | 14 | 1, 080 |
| 30 | 13 | 750 | | | | | 13 | 750 | | | | | | | | | 13 | 750 |
| 31 | 7 | 0 | | | | | 7 | 0 | | | | | | | | | 7 | 0 |
| Σ | 370 | 43, 170 | 171 | 25, 530 | 329 | 50, 790 | 870 | 119, 490 | 29 | 500 | 62 | 2, 840 | 5 | 25 | 96 | 3, 365 | 966 | 122, 855 |

N; Number of fishing unit operated    C; Catch (Kg)

ここで $n_1$ は魚群影像がみられた調査区の数である。これに(2)式を代入して

$$P_1 = (19.31\times n_1 + 77.16\times \sum_{i=1}^{n_1} X_i)\times \frac{W}{R}$$

が得られる。

ii) 魚群量指数 $X_i$ が0のとき魚群量が，19.31kgあるとした場合，

魚群量の総計は $P_1 + P_0$ となる。

ただし，$P_0 = (19.31\times n_2)\times \frac{W}{R}$ である。

ここで $n_2$ は魚群影像がみられなかった調査区の数である。

B. 先述したBの方法で求められた(3)式を用いて Fig. 3 に示した各定線の1マイル毎の魚群量 $Y_i$ を求め次式により全調査域のシラス魚群量を推定した。

$$P = \sum_{i=1}^{n} Y_i \times \frac{W}{R}$$

ここでnは全調査点数である。

Table 2. Estimation of the standing crop of autumn hatched shirasu in Osaka Bay (Method A).

Estimated population of survey blocks in which traces of fish school were appeared

$$X_i \neq 0$$

$$P_1 = (19.31\times n_1 + 77.16\times \Sigma X_i)\times \frac{W}{R}$$

Maximal estimated population of survey blocks in which the traces of fish school was not appeared

$$X_i = 0$$

$$P_0 = (19.31\times n_2)\times \frac{W}{R}$$

Estimating range of the sum total of shirasu population in investigating area

$$P_2 = P_1 \sim P_1 + P_0$$

| Date | Catch of shirasu (C) number of fishing units operated (N) | | Amount of shirasu population estimated by Method A (ton) | | | Exploitation rate (%) | q (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | C ton | $P_1$ | $P_0$ | $P_2 = P_1 \sim P_1 + P_0$ | | |
| 1978 Oct. 12 | 20 | 2.6 | 80.1 | 30.0 | 80.1～110.1 | 3.25～2.36 | 0.163～0.118 |
| Oct. 13 | 7 | 1.8 | 86.0 | 12.6 | 86.0～ 98.6 | 2.09～1.83 | 0.299～0.261 |
| Oct. 28 | 7 | 1.1 | 88.4 | 22.3 | 88.4～110.7 | 1.24～1.00 | 0.177～0.142 |
| Oct. 30 | 13 | 0.8 | 44.5 | 33.9 (A-G) | 44.5～ 78.4 | 1.80～1.02 | 0.138～0.078 |
| Nov. 19 | 6 | 1.8 | 88.9 | 21.3 | 88.9～110.2 | 1.12～1.63 | 0.187～0.272 |
| Dec. 3 | 26 | 7.5 | 78.8 | 8.7 | 78.8～ 87.5 | 9.52～8.57 | 0.366～0.330 |
| Dec. 15 | 2 | 0.2 | 49.4 | 56.1 | 49.4～105.5 | | |
| Dec. 16 | 20 | 2.5 | 49.0 | 22.3 (A-G) | 49.0～ 71.3 | 5.10～3.51 | 0.255～0.176 |
| Mean | | | | | | | 0.226～0.172 |

q: Mean exploitation rate per one fishing unit

3)　漁獲日報調査

大阪湾でのイワシ漁業の主要根拠地であるつぎの地点を調査地として選定した。

大阪府；岸和田・尾崎・深日・北中通り

兵庫県；洲本・岩屋

シラス漁獲量と出漁日数を求めるために昭和53年9～12月までの4カ月間にわたり，各根拠地に所属する全当業船を対象として漁獲日報調査を行なった（Table. 1).

4)　結果及び考察

秋シラス漁獲量（Table. 1）と魚探調査のA・B両方法から得られた全調査域の秋シラス魚群量とから漁獲割合を求め，Table. 2 および Table. 3 に示した。方法Aより推定した魚群量$P_2$（トン）は，40～90あるいは70～110トンとなる。一方，Bの方法では6～50トンと推定された。次に漁獲能率（q）を着業統数の少ない12月15日を除いて求めると，Aの方法では，0.172あるいは0.226%，Bの方法では，1.00%となった。このように両方法間でシラス魚群量，漁獲能率（q）に相異がみられる。そこでどちらの方法を用いるのが良いか吟味を行なった。Aの方法では各単群の長さと高さを測定する際，影像が小さいと相対的に誤差が大きくなる懸念があった。ところが魚群量指数と漁獲量の関係を求めた際の船速が2ノットであったのに対し，調査全域に対する魚群量調査の際の船速は，7ノットであった。このため記録紙上の影像は小さくなり，測定誤差は大きくなったと考えられる。そのためシラス現存量が過大に見積られた可能性が考えられる。一方B

Table 3.　Estimation of the standing crop of autumn hatched shirasu in Osaka Bay　(Method B)

Relationship between the number of fish school ($N_i$) and catch ($Y_i$)

$$Y_i = 2.41N_i - 1.80$$

Amount of shirasu population in investigating area

$$P = \sum_{i=1}^{n} Y_i \cdot \frac{W}{R}$$

W : Width of survey block (3,704 m)

R : Width of both wing nets end of boat seine (Patch Net) (74 m)

| Date | Amount of shirasu population estimated by Method B (ton) | Exploitation rate (%) | q (%) | Remarks |
|---|---|---|---|---|
| | P | | | |
| 1978 Oct. 12 | 22.4 | 11.61 | 0.581 | |
| Oct. 13 | 44.1 | 4.10 | 0.586 | |
| Oct. 28 | 20.3 | 5.42 | 0.774 | From 29 th |
| Oct. 30 | 5.5 | 14.50 | 1.115 | |
| Nov. 19 | 27.8 | 6.47 | 1.078 | From 20 th |
| Dec. 3 | 27.7 | 27.10 | 1.042 | |
| Dec. 15 | | | | |
| Dec. 16 | 9.8 | 25.51 | 1.280 | From 18 th |
| Mean | | | 1.000 | |

q : Mean exploitation rate per one fishing unit

の方法では，魚群の数と漁獲量との関係はほぼ原点を通る直線関係を示した。これは単群間の大きさにあまり差がないことによるものと考えられる。また，大川・三柄[5]は油谷湾のイワシ船曳網で漁獲されるカタクチイワシ（シラス～小羽）の漁獲能率(q)は平均1.5％と述べており，前述したBの方法で求めた(q)と近似の値が得られている。油谷湾のイワシ船曳船は5トン級で漁具漁法共内海西部のイワシ船曳網と類似している。大阪湾のパッチ網は9トン級であり漁具はやや異なるが漁法はほぼ一致している。従って漁獲能率は両者で近似した値をとると思はれる。そこで以後の資源量解析はBの方法で求められた q＝0.01を用いることにした。

## III. 総補給量の推定

### 1） 材料及び方法

昭和51～53年の瀬戸内海漁業灘別統計表と県別統計資料を用いて大阪湾の総漁獲量及び総努力量を求めた。大阪湾産秋シラス漁期は9～12月までの間の120日と考えた。総補給量の変動を求める数理モデルとしては，この間に秋シラスは日々発生加入があるとする。ここでは1日当り加入量（R）は一定とした。漁獲努力は期間の総努力量が分っているので，それを120日で除して日平均努力量（隻数）を求めた。漁獲能率(q)は，魚探調査結果から得られた値を用いる。土井・他[9]は大阪湾の秋シラスについて，種々の仮定した初期資源量と自然死亡係数Mを用いて漁獲量を計算し，現実の漁獲量変化にもっとも対応しているM＝0.18/日をシラスの自然死亡係数（見掛けの自然死亡）であると推定しているのでこれを用いる。Mを見掛けの自然死亡係数としたのは，カエリ・小羽に成長し，シラスでなくなるものや漁場外へ逸散するものもこの中に含めたからである。なお，シラスの平均体重は0.1g/尾とした。したがって以下の解析にあたっては，尾数と重量の関係は0.1g/尾で換算できる。シラスの総補給量変動を求める数理モデルは以下の通りである。

$$\frac{dN}{dt} = R - (M+F)N \cdots\cdots(5)$$

$$C = \int_0^T F \cdot N dt \cdots\cdots\cdots(6)$$

これを解くと次のようになる。

$$N = \frac{R}{M+F}\left[1 - e^{-(M+F)t}\right] \cdots\cdots\cdots(7)$$

$$C = \frac{FR}{M+F}\left\{T - \frac{1 - e^{-(M+F)T}}{M+F}\right\} \cdots\cdots(8)$$

N：シラス現存量
R：1日当り補給量
C：漁期T日間の漁獲量
M：見かけの自然死亡係数
F：漁獲死亡係数（F＝q・X）
X：1日平均操業隻数
T：漁期日数（120日）
t：時間（日）

(8)式において，R以外のパラメーターは，すべて既知あるいは推測されているので未知数Rを求めること

ができる。Rは1日当りの補給量であるので期間内では，T・Rが総補給量となる。期末のシラス現存量N′は(7)式で，t＝120日とおけば得られる。

### 2） 結果及び考察

昭和51～53年の大阪湾における秋シラス総補給量を求めた結果は Table. 4 に示した。なお表中の自然死亡量は，総補給量より漁獲量と期末現存量を引いたものである。

Table 4. The total recruitment of autumn hatched shirasu.

| Year ＼ Item | Recruitment in weight per day (ton) | Total recruitment in weight (ton) | Total catch in weight (ton) | Total amount of natural mortality in weight (ton) | standing crop in weight at the end of fishing season |
|---|---|---|---|---|---|
| 1976 | 81.6 | 9,792 | 4,864 | 4,705 | 223.0 |
| 1977 | 38.7 | 4,644 | 2,390 | 2,152 | 102.0 |
| 1978 | 22.6 | 2,712 | 1,274 | 1,373 | 65.1 |

F＝0.186(1976)，F＝0.200(1977)，F＝0.167(1978)，M＝0.18

大阪湾における秋シラス総補給量・漁獲量および期末現存量は，この年次間では年々ほぼ半減傾向を示している。他方，内海東部海域で行なった漁況予測の基礎資料[11)]を検討してみると，総補給量を推定した当該年次における秋シラスの親魚の資源量指数（CPUE）は51年28.8，52年17.4，53年6.8トンと年々低下傾向を示し，また卵の発生量も1曳網当り51年7.8，52年7.1，53年1.82と減少を示している。これらのことを併せ考察すると，近年の秋シラス総補給量の低下傾向は，漁獲量にみられる産卵親魚量の減少とその結果としての産卵量の低下に対応しているものと推定される。

## 要　　約

大阪湾における秋シラスの総補給量を以下の手順で推定した。

1．魚探により現存魚群量を推定するため，魚探影像記録の数値化について次の2方法を試みた。

A：記録紙上の各単群影像の長さと高さの積の和(魚群量指数)と当該魚群に対する漁獲量の関係（Fig. 1）

B：記録紙上の単群数と当該魚群に対する漁獲量の関係（Fig. 2）

2方法に基づく現存魚群量推定値を相互に比較した結果，Bの方法が適当であると判断した。

2．得られた魚群量推定値と，イワシ漁業主要根拠地での漁獲日報調査資料より秋シラスの漁獲能率が求められた（q＝0.01）

3．数理モデルにより秋シラスの総補給量を求め，51年9792トン，52年4644トン，53年2712トンが得られた。

## 文　　献


1） 横田滝雄，1953：日向灘，豊後水道のイワシ類の研究，南海区水研報告，（2），128～160.

2） 神浦藤雄，1958：魚群探知機の記録よりみたイワシ類魚群の分布構造について，南海区水研報告，（9），76～83.

3） 神浦藤雄，1966：魚探記録からみたカタクチ群の大きさと出現状況について，南海区水研報告，(23)，31～42.

4） 能津純治，1965：豊後水域におけるカタクチイワシ *Engraulis japonica* (Houttuyn) の漁業生物学的研究，大分水試報告，（5），112～124.

5）　大川浩・三栖寛，1978：魚群探知機により魚群量を推定する一つの試み，西海区水研報告，（51），141〜157.
6）　土井長之，1975：魚探記録解析による南極洋沖あみの現存量推定，鯨類研究所，（287），57〜59.
7）　青山恒雄・見元孝一，1970：魚群探知機によるカタクチイワシ群の分布機構の解明と分布量の推定，橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査報告，西海区水研，93〜118.
8）　高尾亀次・石岡清英・土井長之，1979：シラス資源調査，関西国際空港漁業環境影響調査報告第3分冊，漁業生物班（上）1〜13.
9）　土井長之・他，1979：カタクチイワシの資源解析，関西国際空港漁業環境影響調査報告第3分冊，漁業生物班（上）805〜807.
10）　スネデカー統計的方法，改定版，1962：岩波書店，116〜148.
11）　南西海区水産研究所，1980：瀬戸内海東部カタクチイワシ等漁況予報会議資料.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 93~110 (1981)

# 瀬戸内海におけるいわし揚繰網漁業の歴史的経過と現状

外　間　源　治

# The History and Present Condition of the Purse Seine Fishery for Anchovy in the Seto Inland Sea

Genji GEMA

In the present paper, the author outlined the historical development, descending and present condition of purse seine fishery for anchovy including sardine in the Seto Inland Sea.

In Japan, the net fisheries for sardine originated more than few hundred years ago in the eastern coast of the Seto Inland Sea near the heavily populated area of Kyoto and Osaka in that days. Then the fisheries were introduced to the other areas, by mainly the fishermen of Wakayama, and there are some lineage of purse seine gear in the Seto Inland Sea such as Beach seine, Boat seine and "Makase-Ami" (a kind of surrounding net).

A prototype of the present purse seine fishery was considered to be developed in the 1890s by fishermen of Iwate, Chiba and Hyogo prefecture , and was spread extensively in Japan.

The prosperous purse seine fisheries in the Seto Inland Sea before World War II has been declining in the course of its recent history. The primary factors of this declining were as follows: falling off its productivity by over effort, declining the prices of sardine and anchovy, shortage of labour resulting from industrialization of the area, and the boasting up of various costs for this fishery.

## は　じ　め　に

瀬戸内海のいわし揚繰網漁業（巾着網を含む）は，内海で行われている各種漁業の中で経営当たりの規模および生産量の最も大きい漁業である。いわし揚繰網漁業の戦後における経営体数は，終戦直後（昭和23年）に最高を示すが，その後年々減少し，昭和53年には当時の約８分の１となっている。それにもかかわらず，イワシ類漁獲量は経営体当たりおよび総量においても年々増加している。

しかし，いわし揚繰網漁業の経営体は販売価格の低迷および諸費用の増大という経済的事情の中で経営難に追い込まれた。そのため経営体数は，今後も減少していくものと予想されている。

本報告は，そのような経過にある内海のいわし揚繰網漁業の発生から衰退，および現状にいたるいわし漁業の変遷を背景として問題点をとり上げ，文献や資料および実態調査から得た知見を基に，今後の動向を明らかにしようとするものである。

この報告に当たりご指導と助言をいただいた東京水産大学教授長谷川彰氏，南西海区水産研究所内海資源部長倉田博博士，同第３研究室長内藤一郎氏に心から謝意を表します。また，本研究の資料収集および調査に御協力をいただいた大阪府水産試験場主任研究員林凱夫氏，大阪府春木漁業協同組合職員井上淳氏，同いわし揚繰網経営者岡宗七氏に厚くお礼申し上げます。

### 1.　瀬戸内海のいわし揚繰網の歴史

瀬戸内海のいわし揚繰網がいつ頃からどこに発生しどのような経過で普及したのか，またなぜ今日存在す

1980年12月23日受理，南西海区水産研究所業績 第108号

るような大規模漁業に発展したのか，その歴史的経過を各種の文献[1)-13)]を基に推論すると次のようになろう。

### 1）いわし漁業の発生と伝播

イワシ類はわが国沿岸では非常に豊富な魚種であり，石器時代から原始人によって利用されていたといわれる。それは貝塚から発見される魚骨の中にマイワシ・カタクチワシの骨がみつかっていることからも確認されており，その産地は備中・安芸・周防・紀伊・讃岐等の瀬戸内海沿岸であった[1)]。これらのイワシ類を漁獲対象とする主要な網漁具は地びき網であった。地びき網は，原始時代に網漁具としての浮子・沈子の存在が確認されていることからみて，その当時から行われていたであろうといわれ抄網・徒歩敷網・徒歩曳網の発展したものであろう。漁具の原材料には植物繊維を使用し，漁法は極く簡単なものであったと考えられている。

内海沿岸の地びき網が紹介された最も古い文献は奈良朝時代（710）のものであろう。その頃，和泉国に網曳の漁家 150 戸が存在したとあることから，それが地びき網であったのではないかといわれている。その当時はまだ，イワシ類を専門に漁獲していたということではなく，小魚類と一諸に混獲していた程度のものであった。[1)3)] 地びき網は，その後，建久 9 年（1198）には紀伊日高，さらにずっと後の足利末期（1480）には和泉・摂津・紀伊等で，イワシ類を漁獲対象とする藁縄製地びき網が盛んに行われるようになったという[1)]。これらのことから瀬戸内海における地びき網は，奈良朝時代の前後には内海各地の砂浜地帯に存在していたとみることができよう。

このように地びき網は内海の各地で古くから行われてきたが，いわし網漁業としてその後，出現する船びき網・八手網・四艘張網・任せ網・揚繰網の発生は，太平洋海域では紀伊を中心とする内海東部であるといわれている。そこから江戸時代初期・中期にかけて内海の西部や太平洋海域の東部・西南部地域へと紀伊漁民によって伝播されていったという。[1)4)-6)8)]

このように地びき網を含めた各種のいわし網漁業は内海東部の和泉・摂津・紀伊を中心に発達した。それは，これらの地方が奈良や京の都に近かったこと，また周辺地域の農業が他地域より早く発達し，その農作肥料として干鰯・鰯粕等の需要が多かったこと，などのためである。その需要は江戸時代の初期から中期にかけて経済活動が活発になるに従い，商業的農業が急速な発展をするようになって一層増大し，いわし網漁業が盛んに行われるようになった。干鰯は江戸時代以前から製造されていたようであるが，それが内海で盛んになるのは，やはり江戸時代からであった。当時大阪では業者が最寄りの産地から干鰯・鰯粕を買占め，俵詰めにして山村あるいは島嶼部の農村へ農作物（稲，たばこ，菜種，綿など）の肥料として船で運んだという。[1)2)4)5)6)10)]

その当時に行われていたいわし網漁業について漁業別に漁船構成および漁法，ならびにその伝播を山口[1)3)]から引用すると，次のようであった。

(1) **地びき網**：網漁業として最も古くから存在していたといわれる漁業で，海岸線が砂浜に恵まれた地域であればどこでも操業可能な漁法であり，瀬戸内海その他の砂浜帯で行われていたといわれる。この漁業は特に九十九里浜において盛んであるが，同地へは弘治年間（1555～58）に紀伊の漁夫から伝えられた。漁船構成は地域によって異なり，小は漁船 1 隻・漁夫数名を以ってする片手廻しの漁法から，大は漁船 2 隻・漁夫約 100 人に及ぶものまであった。漁船 1 隻を以ってする片手廻しの漁法は陸地から沖合へ船を出し，網の長さに応じて陸地へ半円形状に網を張り，魚群を包囲して陸地に網を曳き寄せる。漁船 2 隻を以ってする場合は海上から陸地に向って網を入れ陸に曳き寄せる。

(2) **船びき網**：海岸線が砂浜に乏しく，網を陸地に曳き寄せることの困難な地域で行われる漁法で，江戸時代以前には摂津・和泉・紀伊で行われ，江戸時代に入ってからは淡路・安芸・周防・伊予・讃岐で盛んに行われた。漁船構成は網船 2 隻・手船 3 隻・漁夫25～50人。漁法は地びき網と同様であるが網の曳き揚げを船上へ行うところが異なる。

(3) **八手網**：同漁業は，風呂敷状の浮敷網で，最初は紀伊・摂津方面から始まり，近世初頭に関東や西南

地方に伝わった。漁具漁法は網の中央に魚捕部を設け上縁に浮子，下縁に沈子を附着し，左右縁および下縁に曳網をつけたもので，魚船3隻を使用し網中央部に潮流を受けた状態に網を敷き，魚群を餌料または火を用いて網上に誘い左右縁および下縁からこれを繰揚げる。漁夫は数10人を要する。

(4) **四艘張網**：同漁業は網が正方形に近い底敷網で，最初は紀伊・摂津方面に起り，江戸時代初期に相模・上総に伝わった。漁具漁法は網に浮子と沈子を欠くのが普通であり，網船4隻で網を海中に四方から敷き張り，餌料あるいは火を用いて魚群を網上に誘い魚群が網上に集ったところで網を繰揚げる。漁夫は20～30人を要する。

(5) **任せ網**：同漁業は旋網の一種であるといわれているが漁具漁法は詳らかでない。同漁業はいわし網漁業の中では比較的古くから発達したものであり，関東では主にイワシ類，播磨・淡路方面ではボラ類を漁獲した。任せ網も最初は紀伊・摂津に起り，江戸時代初期に相模・房総・常陸等に伝わり発達したが，多数の漁船（網船2隻・手船4隻）・漁夫（80～90人）を要するわりに網の構造が合理的でないことから中・後期にかけて漸次衰退した。

(6) **揚繰網**：同漁業は主にイワシ類を漁獲する旋網漁業で慶長年間（1596～1615）に東海地方で多く行われていた。内海での漁具漁法は詳らかではない。しかし，尾張三河を中心とする地方では大を大網，小を小網と称し，古くは大網を用いたが後に小網に改良した。大網は長さ300間，巾は魚捕部で65間，左右両端に至るに従い次第に狭くなり，網目も中央部が最も密で左右に至るほど粗になる。漁船は9艘，漁夫50人を要する。小網は網の長さ大網の3分の1，巾2分の1で，漁船5艘，漁夫30人を要する。漁法の詳細は明らかでないが，網は魚群を中心にして潮流に向ってかけ廻し，肩縄を緩かに足縄を急に手繰って網を嚢状ならしめ，魚を中央部に溜めて漁獲していたであろうといわれている。

### 2）いわし揚繰網の系譜と漁法の確立

いわし網漁業は砂浜地帯で行われる地びき網によって古くから行われてきた。その後，沖合で行われる船びき網・八手網・四艘張網・任せ網・揚繰網へと発展してきた。いわし網漁業は江戸時代に入り，イワシ需要の増加とともに各地に普及し盛んに行われるようになった。このように漁業の沖合化が行われていく中で，地びき網では魚群の地先への来遊が減り，また，船びき網，八手網，四艘張網，任せ網，揚繰網の沖合漁業も，やがて漁場が狭隘となり，漁獲減少から経営不振となっていった。このような経営不振は明治初期から中期にかけてかなり深刻化したと思われ，この頃から多くの漁業が内海以外の海域へと出漁するようになった。その1つは朝鮮へのイワシ類・サバ類を漁獲目的とした兵庫県室津，広島県坂，香川県津田・伊吹などからの出漁である。[11)]

これらいわし網漁業の当時の経営的不振は全国的なものであったといわれるが，[1)] そのような漁業事情の中へ明治20年頃に米国式巾着網がわが国に紹介された。この漁具漁法と在来からの旧揚繰網との折衷的な改良網と称される漁具漁法が，明治21年に岩手県[1)9)]あるいは千葉県[2)7)]において開発された。この新しい漁具漁法が明治21～23年頃にはそれぞれの県内に，また明治24～28年にかけて県外へ，そして同じ頃内海の兵庫，岡山，広島，山口，徳島県などに伝えられた。[1)7)] 内海における改良揚繰網の開発がこの伝播に依るものかどうかは明らかではない。それは兵庫県林崎漁協の資料[12)]によると巾着網の発明者は郷土の先人藤原繁藏，中谷捨吉，吉田大右衛門で明治26年に考案し，明治29年9月には操業したとある。[12)] そしてその翌年（30年）には兵庫県神戸市において第2回水産博覧会が開催され，そこで改良揚繰網についての報告がされたようである。[1)5)]このことから同漁業はこれを契機として内海各地へ急速に普及したものと推察される。それらのことから考えると現在内海で行われているいわし揚繰網の原型は明治20年代末に確立したとみてさしつかえないであろう。

このように内海でも改良揚繰網が開発されたことから，従来のいわし網漁業はいわし揚繰網へと徐々に転換していったものと思われる。その転換は総ていわし網経営体において一斉に行われたのではなく，地域における漁場の環境条件あるいは資本の有無という諸事情の中で，従来のいわし網を踏襲する経営と，改良

揚繰網へ転換する経営とが共存したようである。その結果，今日のような各種（揚繰網・機船船びき網・船びき網・地びき網・八手網等）のいわし網漁業の分布が見られるのである。

これらの資本あるいは経営的観点から，いわし揚繰網への転換の系譜をみると，**Fig. 1** に示す12のケースに整理できよう。[7)8)13)] そのうち，八手網や四艘張網という敷網類から揚繰網への転換は，漁具漁法の技術的相違からみて多くあったとは思われず，また，「その他」という中にはいわし網としての縫切網・流刺網やいわし網以外の漁業経営からの転換も含まれるが，それらは極めて少なかったものと推察される。また地びき網→船びき網→任せ網→揚繰網へと全漁業を経由することは，資本的観点からみてかなり困難であったと思われるし，さらには任せ網が大規模な漁業であるわりに非効率であったということからみて，大部分が地びき網と船びき網および地びき網から船びき網そして揚繰網というケースであったと思われる。

揚繰網への転換が地びき網と船びき網から生じたという安芸灘・燧灘における文献[8)13)]と兵庫県室津や大分県別府における実態調査結果，あるいは任せ網からは同じ旋網の揚繰網に転換し易いということから考えると，地びき網，船びき網，任せ網の３つの漁業を中心とする５つのケース（**Fig. 1** に実線で示す）によるものが，その主流であったと推察されるのである。

このような経過で沖合漁業として出現してきたいわし揚繰網は，その後漁船の動力化とそれに伴う大型化，そして漁撈技術の発展にともない，当時では最も効率的漁業となったといえよう。今日存在するようないわし網漁業の大規模化は，漁獲対象種であるイワシ類特有の性格（漁獲の多獲性，利用の肥料化という大量需給，その市場条件に伴う低価格性）から大量漁獲技術の方向に発展した結果であった。

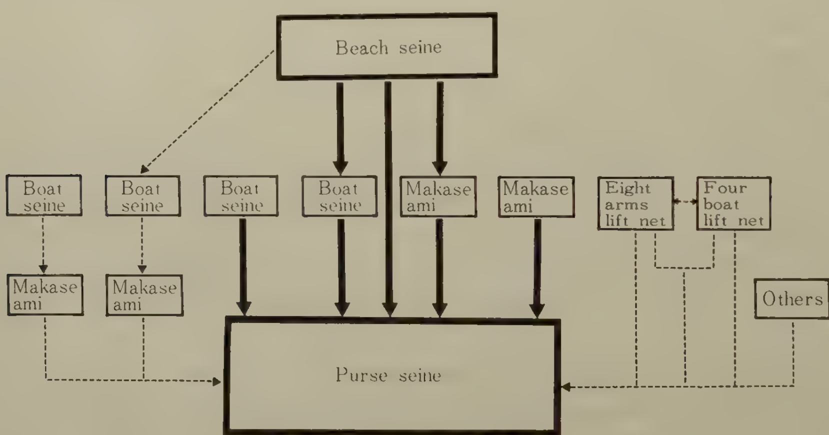



Fig. 1　Genealogy in fisheries transition from various seine to the purse seine. Bold lines indicate the main instances of change and broken ones for that of minority.

## 2.　瀬戸内海の戦後のいわし漁業といわし揚繰網漁業

### 1）いわしの漁業の推移

(1)　**漁業生産の推移**：戦後のいわし漁業の経過について述べるが，いわし揚繰網の中には漁法上で異なる巾着網を含む。また，いわし揚繰網は統計上の大分類の中ではまき網の中に含まれているため，いわし揚繰網の過去の資料でまき網と区別することが困難な場合がある。そのような場合はまき網として引用した部分が若干含まれている。

そのことを前提において，戦後のいわし漁業経営体数の推移を漁業別に示したのが**Fig. 2** である。

終戦直後の昭和23年の経営体数は，船びき網が644，地びき網ほかが626，揚繰網が243の順で，各漁業

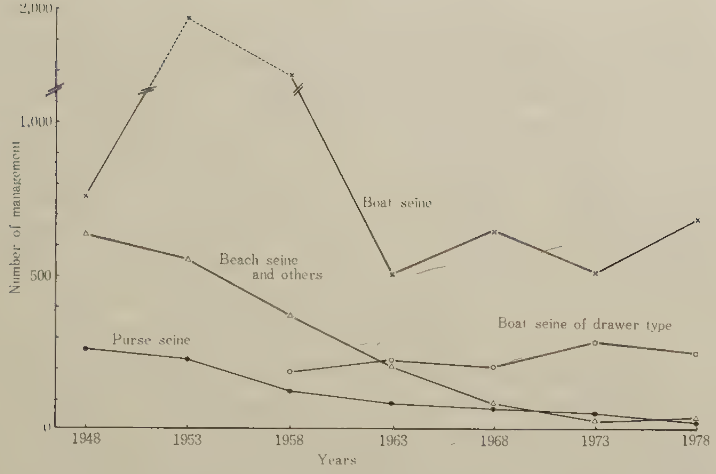



Fig. 2 Number of management units of anchovy fishing by fisheries.

ともその後年々減少していく。その中で船びき網の経営体数が昭和28年に1.896，昭和33年に1.140と高くなるが，これは統計の分類によるもので，それによれば昭和28年の数値には周防灘，伊予灘の吾智網（山口県576，愛媛県354，大分県249，福岡県40）が含まれている。この吾智網の数値（1.219）を差引けば677経営体となる。昭和33年の1.140経営体についても同様な内容であることを考えると，昭和23年から昭和38年そして53年に至る横ばい傾向に一致しよう。しかし，実際にはそれを除いた船びき網経営体がイワシ類を漁獲対象とするいわし船びき網として扱うことには無理がある。当時の船びき網にはカマス，サヨリ，イカナゴ，その他の魚種を漁獲対象とした船びき網が存在したからである。そのことは近年の船びき網経営体についてもいえることで，カマス資源量の減少からそれを漁獲対象とする船びき網はほとんど存在しなくなっているが，サヨリ，イカナゴ，シラス，シリヤケイカなどを漁獲対象とした船びき網が多く含まれている。これらのことからイワシ類を漁獲対象とするいわし船びき網経営体数と，Fig. 3（破線は資料欠落年次，以下同じ）に示す昭和45年以降の漁獲量の減少からみて，昭和53年に急激に増加することは考えられない。そこには機船船びき網の一部が船びき網として扱われているとみるべきであろう。

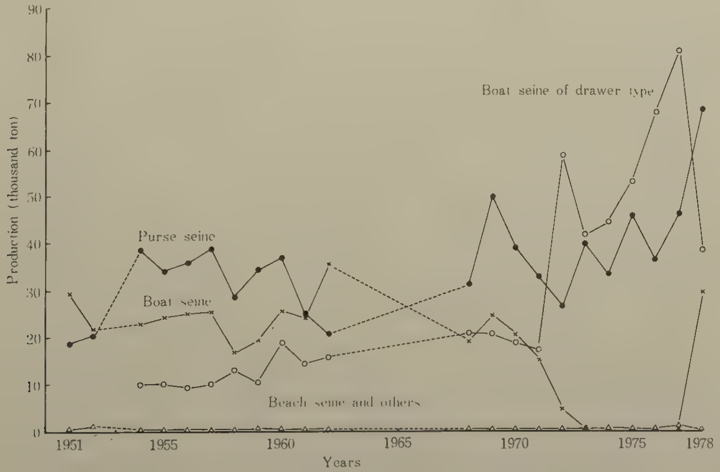



Fig. 3 Production of anchovy and sardine by fisheries.

以上のことからみて，近年のいわし船びき網経営体数統計には，漁法的に機船船びき網とされるべきものが含まれており，その実数はFig. 2に示す数値の８分の１から10分の１程度であると考えられる。しかし，Fig. 3に示した昭和26年のイワシ類漁獲量中に占める船びき網の漁獲量が全体の60％を占めていることからみて，昭和26年以前にもかなりの船びき網が存在し，それらはイワシ類を漁獲対象としていたものと推察される。

地びき網の経営体数についても船びき網と同様にイワシ類以外の魚種を対象とするものが多い。それはFig. 3に示す同様のイワシ類漁獲量からも明らかであり，同漁業で漁獲されるイワシ類は混獲されていた程度のものではなかったかと思われる。したがってイワシ類のみを対象とする地びき網の経営体の実数を掴むことは困難であるが，全体として終戦当時から昭和53年にかけて大巾な減少を示したことは明らかである。

機船船びき網については，Fig. 2に示すように経営体数は昭和33年に187経営体が存在した（実際はそれ以前から存在）。同漁業は，他のいわし漁業が年々減少するのに対し，年々増加し昭和53年には280経営体となっている。これは統計上機船船びき網が船びき網の中に算入されているためであり，漁業の現状からみて，280経営体より多いのが実態であろう。

以上に述べたいわし漁業経営体数とイワシ類漁獲量の推移から，戦後以来の内海におけるいわし漁業は次のように時代区分が可能である。

①昭和20年から昭和27年頃までの船びき網を主とする時期。

②昭和28年から昭和46年頃までの揚繰網の隆盛期。

③昭和47年以降の機船船びき網が急増した時期。

このように戦後のいわし漁業は船びき網から，揚繰網そして機船船びき網へその主力が移行してきている。それは機船船びき網の規模が両者の中間的な，また操業形態として機能的だからである。さらに重要なのは魚群密度の比較的低い対象を利用可能な漁法であること，また単位漁獲量が揚繰網よりも少ないことから漁獲物であるカタクチイワシが煮干加工利用向き生産となり得ることが挙げられよう。

つぎに全漁業従事者数の中のいわし漁業従事者数を漁業センサスと漁獲統計から推定すると，

昭和23年全漁業従事者数は約167千人で，そのうちいわし漁業従事者数は約50千人（約30％）であった。昭和53年には全漁業従事者数は約67千人で，このうちいわし漁業従事者数は約３千人（約５％）に減少している（Fig. 4）。この減少をみると，全漁業従事者数は約60％減であるのに対し，いわし漁業従事者数は96％と大巾に減少したことになる。

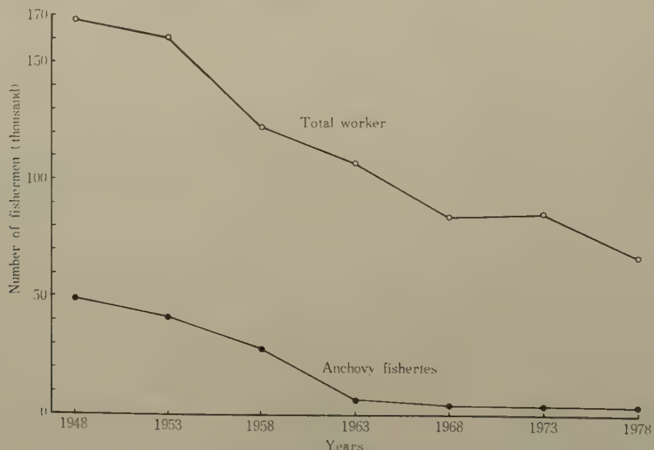



Fig. 4　Changes of fishermen in number of whole fisheries and anchovy fisheries.

このように戦後のいわし漁業経営体数と従事者数は大巾に減少しているにもかかわらず，イワシ類漁獲量は昭和26年の54千トンから昭和53年には138千トンへとこの間に2.6倍の増加を示している。その漁獲増は機船船びき網といわし揚繰網の生産能力の拡大によって得られたものである。

(2) **漁獲物需要の推移**：瀬戸内海のいわし漁業によって漁獲されるイワシ類にはカタクチイワシとマイワシがあるが，戦後から昭和50年まではカタクチイワシが圧倒的に多い。ここではカタクチイワシの需要の推移を中心に述べる。

戦後のカタクチイワシ利用は，各漁業とも昭和20年から昭和30年代後半頃までそのほとんどを煮干原料，昭和40年代に入ってからはいわし揚繰網が漁獲するカタクチイワシのほとんどが魚類養殖の餌料とされてきた。

これは，次に述べるような煮干に代わる人工調味料の発達と魚類養殖の発展・普及によるところが大きい。

**Fig.** 5には，煮干生産量と人工調味料(グルタミン酸ソーダ)消費量ならびに養殖ハマチ生産量の推移を示した（ただし，内海周辺地域の数量を明らかにする統計資料がないために全国統計を用いた)。煮干生産量は，昭和28年から昭和37年頃まで80千トンの水準にあり，昭和38年以降年々減少傾向を示し，昭和44年頃から40千トンの水準で安定する。その原因は，昭和30年代から急速に普及した人工調味料と国民の食生活の変化が挙げられよう。また内部的要因としては過脂肪カタクチイワシの増加による煮干品質の低下から販売価格の下落，それによる煮干加工の後退が挙げられる。そのような煮干生産の減産によりカタクチイワシ利用が後退した時代にそれにかわって登場してきたのが魚類養殖用餌料であった。魚類養殖は，瀬戸内海で始まり昭和30年代後半から瀬戸内海の中・東部を中心とする西日本各地に普及し，それに伴いカタクチイワシの餌料化が始まった。その量は，魚類養殖の発展・普及とともに増大した。

戦後のいわし漁業は，この漁獲物需要（利用）の変化によって次のように時代区分され，またそのことによって漁業別生産方式に分化が生まれたともいえよう。

①昭和20年から昭和33年頃までの煮干期。

②昭和33年頃から煮干生産が後退し，魚類養殖が普及し餌料化が定着する昭和40年頃までの過渡期。

③昭和40年代以降の餌料期。

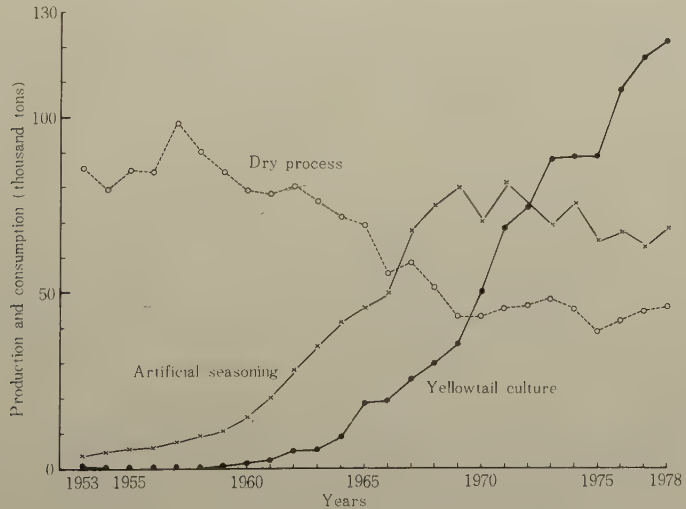



Fig. 5 Production of dry processing of anchovy and yellowtail culture, and consumption of artificial seasoning. Both dried anchovy and chemical seasoning is taste sources in cooking.

特に昭和40年代以降には養殖ハマチの生産量は急速な伸びを示し，それに対応して餌料需要が増加し，それに見合う供給の担い手となったのが，漁獲能力の大きいいわし揚繰網漁業であった。その結果が現在各地でみられるような，いわし揚繰網の漁獲物の大半が餌料向け，機船船びき網や船びき網の漁獲物が煮干原料向けという形で現われている。

**2）いわし揚繰網漁業の動向**

戦後のいわし揚繰網の経営体数の推移はいわし漁業の中でふれてきたが，ここではいわし揚繰網をとりまく情勢と減少した経過の主な要因について述べる。

戦後のいわし揚繰網の漁獲物をみると，**Fig. 6** に示すようにイワシ類，アジ類，サバ類，コノシロなどとなっている。その漁獲割合は，昭和26年から昭和44年頃まではイワシ類が全体の80%以上を占め，昭和45年頃から昭和49年にかけてはイワシ類が60～70%に減少し，アジ類・サバ類・コノシロ・その他の中型魚が増加する。しかし昭和50年以降は，またイワシ類が80%以上を占めるようになる。

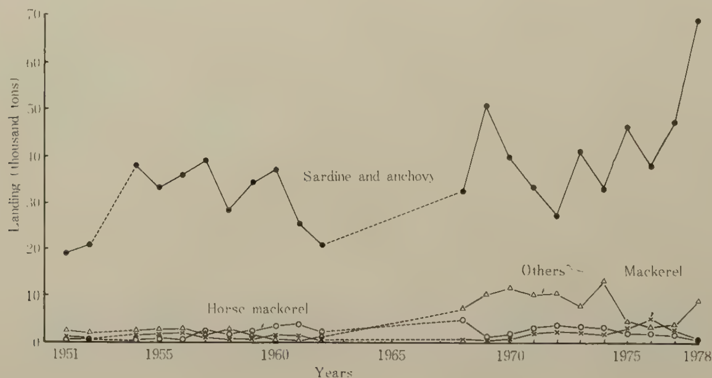



Fig. 6　Fish landing of anchovy purse seine by species.

**Fig. 7** は，イワシ類の漁獲量の推移をみたものである。イワシ類の中では昭和26年から昭和49年までカタクチイワシが90%以上を占めるが，昭和50年からマイワシが増加して昭和53年にはカタクチイワシが減少しマイワシが86%を占めるようになる。

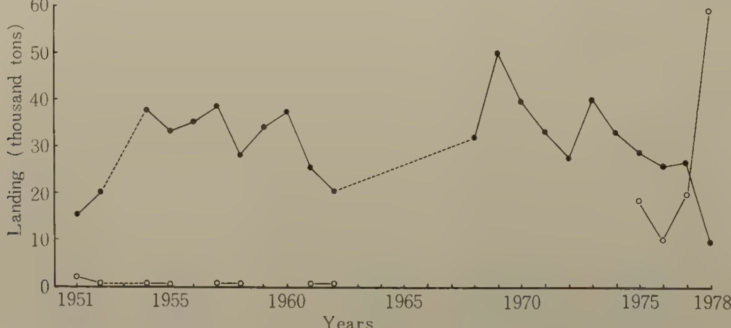



Fig. 7　Amount of anchovy (closed circles) and sardine (open circles) captured by purse seine.

(1) **漁獲物の仕向け先とその価格**：いわし揚繰網が漁獲する漁獲物は，昭和30年代後半まではカタクチイワシがほぼ100%で，そのほとんどが煮干とされ，昭和40年代以降餌料向けが増加したことは前述したとおりである。ここでは，昭和50年以降にマイワシの漁獲量が増加しているので，それ以後のカタクチイワシとマイワシの仕向け先とその価格についてみることにする。

Fig. 8は，内海東部の大阪湾で操業する春木漁協のいわし揚繰網経営体が昭和50年から昭和54年にかけて漁獲したイワシ類の種別餌料向け割合を示したものである。カタクチイワシは餌料と煮干原料に仕向けられるが，その割合は通常年で餌料向けが80～90%，残りの10～20%が煮干原料向けとなる。昭和53，54年の割

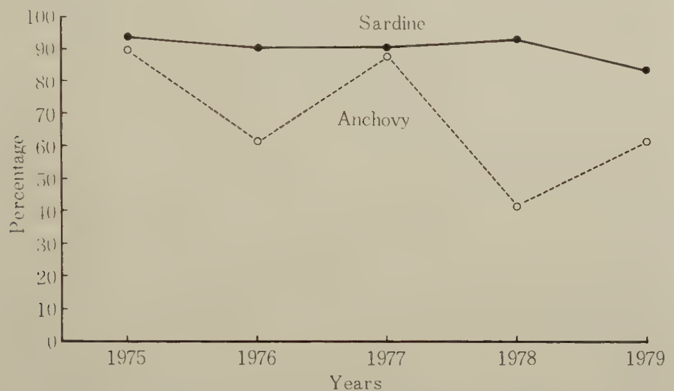



Fig. 8 Changes of the utilization for feedstuff in the sardine and anchovy.

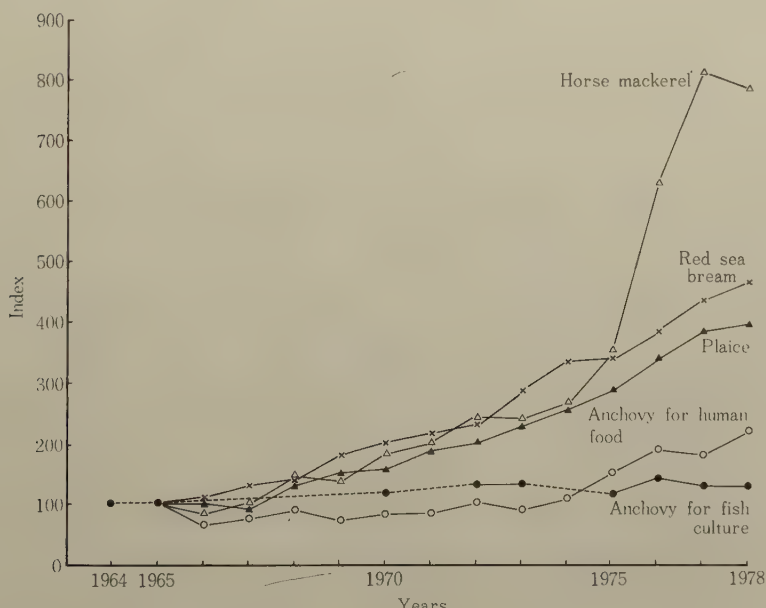



Fig. 9 Fluctuation of fish price per kg in several fishes compared with anchovy. Price in 1964 of anchovy for fish culture and that in 1965 of anchovy for human foodstuff are expressed an index of 100, respectively.

合において餌料向けが減り煮干向けが増加したのは，両年のカタクチイワシ漁獲量が例年(2千トン)に比べて5分の1～10分の1と極端に減少し，その中から煮干原料を確保したためである。マイワシについては，餌料と鮮魚（食料）に仕向けられるが，ほとんどが餌料となる。

**Fig. 9**は，アジ類，マダイ，カレイ類，カタクチイワシの鮮魚価格およびカタクチイワシの餌料向け価格（いづれも生産者販売価格）の推移を，餌料については昭和39年，鮮魚については昭和40年を基準に指数化してみたものである。それによると，アジ類，マダイ，カレイ類の鮮魚価格が昭和40年から昭和53年にかけて急上昇しているのに対し，カタクチイワシは鮮魚が2.2倍，餌料が1.3倍と横ばいに推移した。しかもカタクチイワシの価格は，鮮魚では昭和40年が29円，昭和53年が65円，餌料では昭和39年が15円，昭和53年が20円と他魚種に比べて極めて低い値となっている。

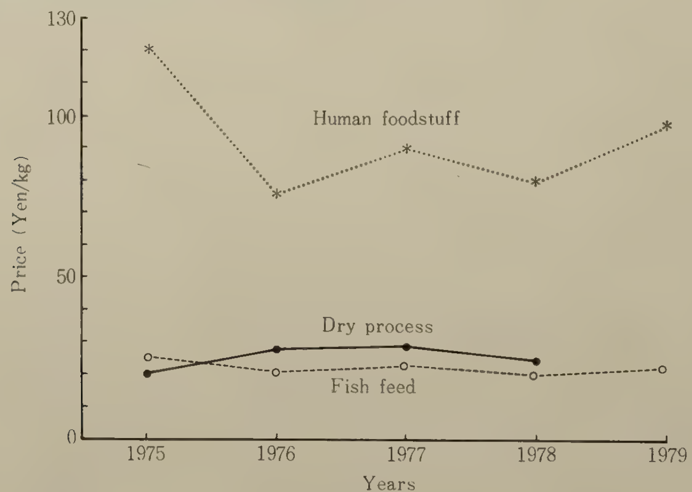



Fig. 10 Average price of anchovy per kg by purpose of usage.

Table 1. Price index by species and by purpose of use based on the price of anchovy for yellowtail feed culture (1979).

| Species | Use | Index |
|---|---|---|
| Anchovy | Fish feed | 1 |
| Anchovy | Human food stuffs | 4 |
| Gizzard shad | Fish feed, Manure | 0.8 |
| Gizzard shad | Human food stuffs | 6 |
| Sardine | Fish feed | 0.9 |
| Sardine | Human food stuffs | 2.8 |
| Mackerel (small) | Fish feed | 1.2 |
| Mackerel (large) | Human food stuffs | 8 |
| Mullet | Ditto | 8 |
| Horse mackerel | Ditto | 32 |
| Sea bass | Ditto | 60 |

Fig. 10は，前記いわし揚繰網経営体が昭和50年から昭和54年にかけて漁獲したイワシ類の仕向け別価格，また Table 1は，同経営体が漁獲した魚種別仕向け別価格をカタクチイワシの飼料価格を1とした指数で示したものである。このことからイワシ類の価格は10数年，あるいはそれ以前から低価格にあり，横ばいに推移していることがわかる。

(2) **漁業費用**：Fig. 11は，いわし揚繰網の網船用主機関，漁網，燃料（A重油）の購入価格および労賃（1日の最低保障額）について昭和45年または昭和48年を基準に指数で示した。それによると，機関は昭和48年から昭和54年の間に3.8倍，漁網は同2.8倍，また労賃は昭和45年から昭和55年の間に2.8倍，燃料価格は同5.8倍となっている。

いわし揚繰網は他の漁業より大型であり，各種の資材と人員を多く用いる漁業であることから，これ以外の費用増加も含めてその負担はかなり大きいものとなっている。

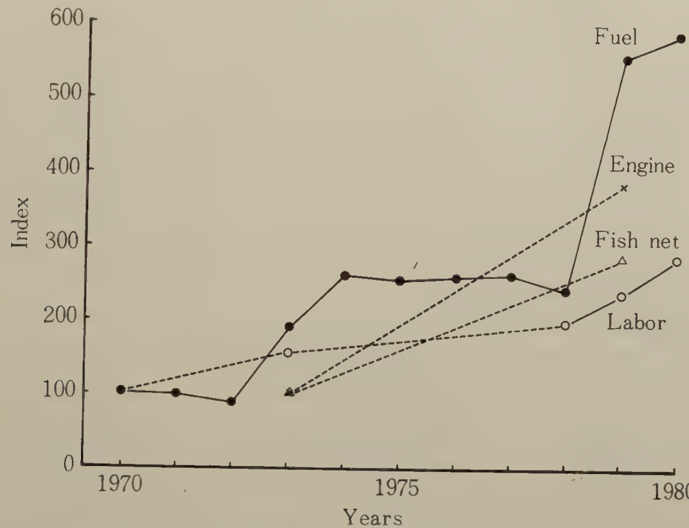



**Fig. 11** Changes of index of fishing cost. The cost in 1970 and in 1973 are expressed by 100.

(3) **労働力**：いわし漁業従事者の推移は前述のとおり（Fig. 4），終戦直後から今日まで急激に減少した。その原因は同漁業の経営不振による廃業と海上労働および労働時間の不規則性によるとことが大きい。

Table 2は，前出の春木漁協いわし揚繰網経営体乗組員の年齢構成を示した。この地域の漁村は，早くから都市化されて地元労働力の調達は極めて困難となっている。そのため各経営体は全体の50％前後を香川県三豊郡詫間町の詫間や大浜からの出稼ぎに依存している。また，残りの50％は経営者の姻戚関係で構成されている。

このように近年の労働力の調達・確保は困難な状況の中で若年労働力の補充も少なく，既存労働力の高齢化が進行している。

(4) **経営体数の減少とその経過**：いわし揚繰網経営体数が減少した主要因は，前述の魚価の低迷，諸費用の上昇，労働力の調達・確保の困難さなどから生じた。

その減少過程と要因を漁獲物の需要による前記3期の区分についてより詳細に述べると次のようになろう。

①昭和24年から昭和33年（煮干期）：この約10年が煮干期であるが，それ以前は敗戦による社会情勢の不

Table 2. Structure of ages in anchovy purse seiner
(Haruki 1979)

| Age | Percentage |
|---|---|
| Under 19 | 0 |
| 20 — 29 | 20 |
| 30 — 39 | 20 |
| 40 — 49 | 28 |
| 50 — 59 | 20 |
| Over 60 | 12 |

安定期であり，外地からの帰還による人口増加と国土荒廃による食糧難と就業難の時代であった。当時の漁業における食糧蛋白質の増産と就業人口の吸収を同時に可能ならしめたのが生産性の最も大きい，しかも労働力の多用を必要とするいわし揚繰網漁業であった。その当時が，いわし漁業の盛期であったことは，経営体数と従事者数から知られる。しかし同漁業の経営体数は，昭和20年代の後半から急激に減少を示すようになる。それは過当操業による個別経営の生産性の低下と国民経済の回復による工業化の進行に伴う漁業者の他産業への流出，また人工調味料の普及による煮干需要の減少によると思われる。そのような中で煮干の減産がみられるようになり，労働力の確保が困難となっていく。そして労働力節減のための機械化が図られ，ウインチ，ネットローラー，化繊漁網（昭和30年頃，大阪）の導入，あるいは省力漁業である機船船びき網への転換が行われる。その中で漁獲成績が低く資本をもたない経営体が廃業していった。その数は昭和24年から昭和33年の間に124経営体（51％）であった。

②昭和34年から昭和38年（過渡期）：この時代は，工業化，都市化と人工調味料が拡大普及する年代で労働力の他産業流出，また内海では富栄養化による過脂肪肉質のカタクチイワシが多獲されるようになり，煮干加工生産がますます後退する。そこへ魚類養殖の発展・普及がみられ，イワシ類の餌料化が行われるようになる。その結果は，カタクチイワシ販売価格が煮干原料魚への仕向けより，いくらか低下することとなる。しかし，それは魚類養殖の伸展とともに餌料需要が増加するようになって，価格の低下を漁獲増によって補う生産方式へと指向するようになる。そして各経営体は労働力の節減，漁撈作業のスピード化を目指し，魚群探知機，フイッシュポンプ（昭和37年頃，大阪）の導入を行いながら量産体制へ指向するようになる。このような漁業事情の中で生産実績のあがらない経営体が労働力をひきつけておくことができず，あるいは将来の採算性を見通して廃業していく。その数はこの間に31経営体（26％）であった。

③昭和39年から昭和53年（餌料期）：この年代の当初は高度経済成長期であり，漁村周辺地域の工業化・都市化の進行が一層拡大し，労働力の脱漁業化が進む。漁業内にあっては魚類養殖の急速な発展と共に餌料需要が増加し，各経営体はそれに対応して生産能力の増大（サイドローラー，網船トン数16→19，馬力数100→130，漁網の長さ200→260尋・高さ60→70尋：昭和42年頃，大阪）へ拍車をかけていく。その中で生産能力を増大させるための装備が困難な経営体，あるいは漁獲実績の悪化から労働力の編成ができない経営体が廃業する。後期にあっては低成長期となるが，諸費用上昇の中でイワシ類餌料価格の低迷から採算がとれず経営不振，あるいはそれを見通して廃業する。その数はこの間に58経営体（65.9％）であった。

戦後のいわし揚繰網の減少過程は，大要以上のような経過の中で行われたとみられる。そして昭和23年から昭和53年までの間に 213 経営体が廃業した。その結果，昭和53年にはわずかに30経営体となった。廃業した多くの経営体は燧灘や播磨灘，大阪湾等にみられるように，省力漁業である機船船びき網へ転換したが，それ以外には別府湾などにみられるような釣や建網などの小規模漁業へ転換したものもある。

このように戦後のいわし揚繰網の経営体数は，年々減少してきたにもかかわらず，イワシ類漁獲量は **Fig.**12 に示すように年々増加（昭和33，36～39年を除く）している。その漁獲増加は，資源水準にも左右されると




Fig. 12  Changes of the number of management (closed circles) and landing (open circles) in purse seine.

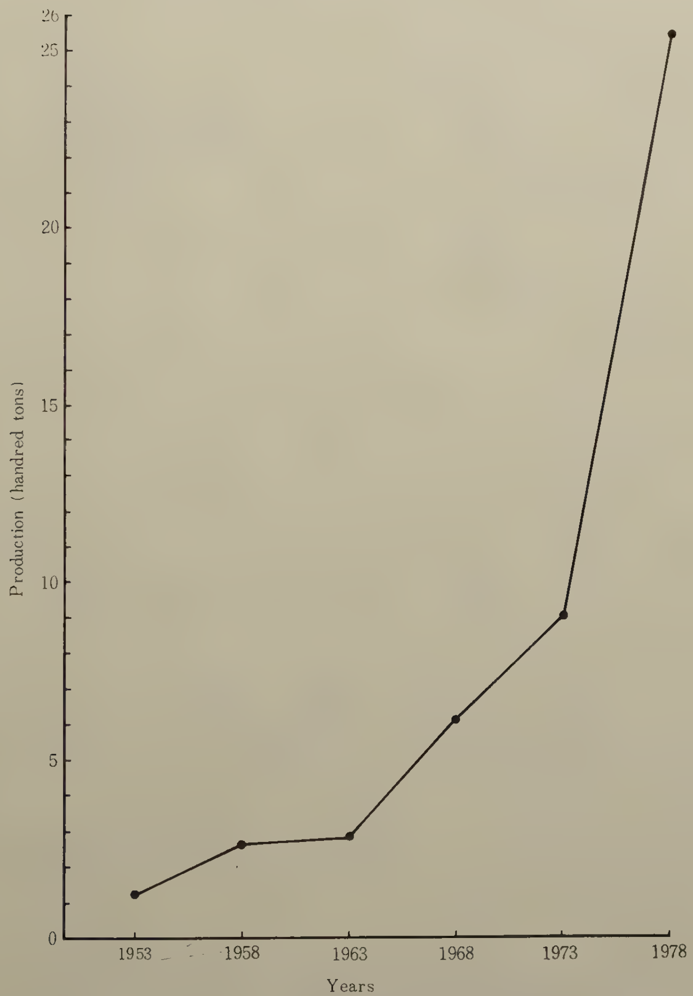



Fig. 13  Annual fish landing per one management of anchovy and sardine purse seine fisheries.

はいえ単位経営体の生産能力の拡大によるところが大きいといえよう。それは，Fig.13に示す経営体当たりの年間漁獲量の推移で明らかである。それによれば1経営体当たりの漁獲量は昭和28年の130.5トンから昭和53年の2.561.6トンへと21.8倍に増加しているのである。

現存するいわし揚繰網経営は，イワシ類販売価格の低迷と，一方における諸費用の高騰というシェーレ現象の中で，より多くの資源を利用することによって採算性を追求してきたともいえよう。

### 3. 瀬戸内海のいわし揚繰網の現状

#### 1）漁業の分布と漁業形態および漁獲物利用

昭和54年に内海で操業した揚繰網の経営体数(統)を調査した結果，その数は24経営体であった。Fig.14は，地域別の代表的漁村における漁船規模・漁期・漁場について示したものである。

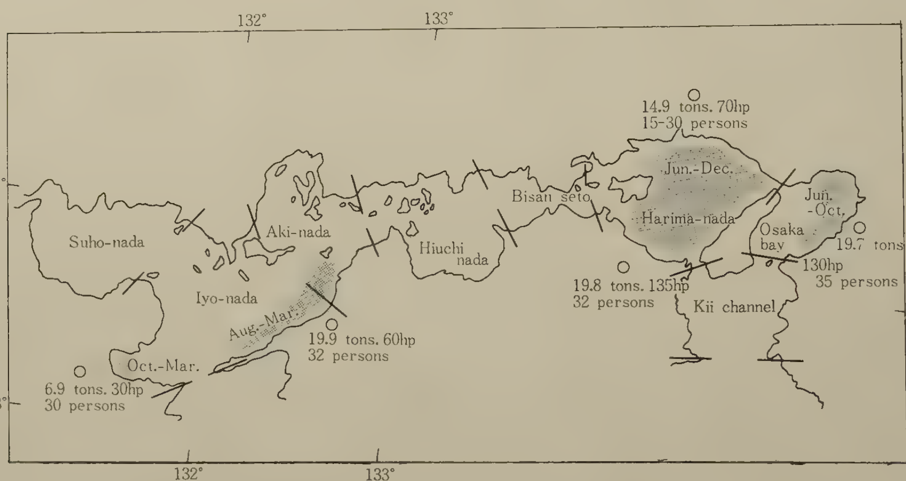



Fig. 14 Fishing seasons, fishing grounds and scales of fishing unit of anchovy and sardine purse seine in the Seto Inland Sea.

終戦直後には全域に243経営体が存在し，その地先および沖合を漁場として操業していた。しかし，昭和54年現在では東部では大阪湾および播磨灘に，また西部では伊予灘だけにしか存在していない。しかも，東部と西部における操業形態は必ずしも同一ではない。これは，対象とするイワシ資源の発生群の相違とその生態的特色を反映しているようである。

その1つは，漁船規模の相違である。東部と西部の愛媛県では網船が14.9～19.9トン，60～135馬力の動力網船を使用するのに対し，西部の大分県別府湾では6.9トンの無動力網船（先こぎ動力）を使用している。

その2つは，漁期と操業時間の相違である。東部では6月から12月に朝から夕方まで昼操業しているのに対し，西部の別府湾では9月から3月にかけて夕方から朝まで夜間操業している。

漁獲物については，東部西部ともカタクチイワシとマイワシであるが，その利用は東部と西部の別府湾では両者のほとんどを餌料向けとするのに対し，西部の愛媛県ではカタクチイワシを煮干原料とし，マイワシは餌料向けとしている。

#### 2）経営の採算性

いわし揚繰網が本来漁獲目的とするのはイワシ類である。その中で経営における支配的な価格となるのは，仕向け量が最も多くそして販売価格の最も低い餌料である。

内海東部の大阪湾や播磨灘で操業する経営体の昭和54年における収支状況は経営的に採算がとれたと漁業

者はいう。しかしそれは同年のイワシ類漁獲量が例年に比べて少く，その代りに高価格のアジ類，サバ類の漁獲が生産を支えた結果であった。大阪湾で操業する大阪府春木の経営体は，アジ類・サバ類が漁獲量としては16.7%でありながら生産額では39.8%を占めていたし，また播磨灘で操業する兵庫県室津の経営体はアジの漁獲量が2.2%でありながら生産額では40%を占めていた。すなわち，いわし揚繰網の採算は，近年におけるイワシ類以外の魚種価格の上昇によって支えられたものであったといえる。

いわし揚繰網では漁獲するイワシ類販売価格が低水準にあり，一方諸費用は上昇するという事情の下にある。そこでいわし揚繰網の経営内容について以下の試算を行ってみた。

諸費用については，大阪府春木の経営体が所有する漁船構成から，その資材等一切を昭和54年の価格で購入し，新たにいわし揚繰網を着業したと仮定すると，その装備費はおよそ2.8億円となった。それを各資材ごとに耐用年数で除し，年間出漁日数101日（昭和50〜54年平均）として1日当たりの減価償却費をみると約60万円となる。

1日当たりの出漁に伴う費用は，労賃（最低保障）が21万円，燃料費が20万円となる。

いわし揚繰網が1日出漁するのに必要なのは，この3つの漁業費用の合計101万円である（実際にはほかに氷代と組合手数料および僅かな食事代が加算される）。これと同経営体が昭和50年から昭和54年の間に水揚げした月別の1日当たり平均生産額で漁期における月別の漁業収支を試算した結果を**Fig.** 15に示した。

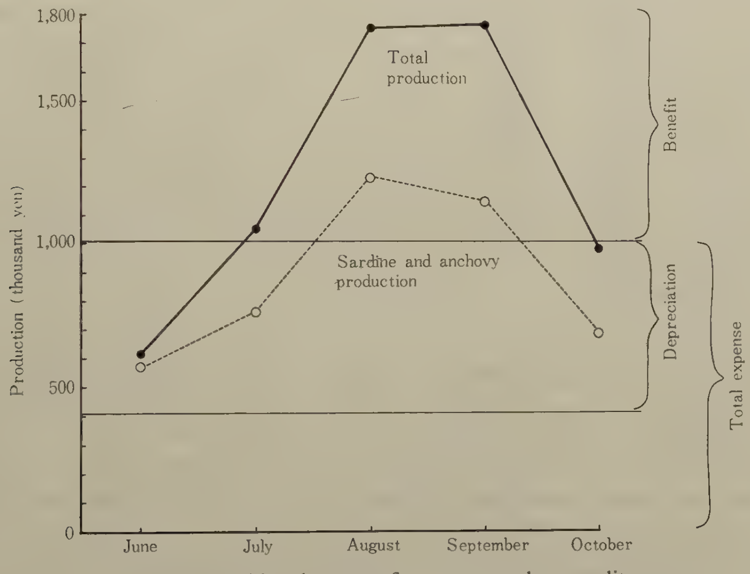



Fig. 15　Monthly changes of revenue and expenditure per day averaged during 1975 to 1979.

大阪湾におけるいわし揚繰網の漁期は，制度上では6月15日から12月31日までとなっているが，イワシ類だけの漁獲で採算がとれたのは8月と9月の2カ月であり，イワシ類とその他の魚種（アジ類・サバ類等）によって採算がとれたのが7月であった。近年イワシ漁で採算がとれるのは盛漁期でしかない。

その要因は，昭和39年以前の煮干期ではカタクチイワシ漁獲量が現在ほどの量を必要としなかったし，また煮干生産による付加価値が所得に含まれていたからである。それが昭和40年代以降の餌料期に入って餌料価格の低迷と，一方における諸費用の上昇という経済情勢の中で漁獲増を図るようになってきたため，漁期の初期と終期の資源量水準では現在のいわし漁は採算割れとなるということができよう。

| Nada | Gear (Items) | Main species catched | Name of Fish. Coop. Assoc. and (units) |
|---|---|---|---|
| Osaka bay (9 units) | Purse seine | Anchovy, Sardine Mackerel, Gizzard shad | Haruki (5), Kitamaka-dori (2), Okadaura (1) Hamadera (1) |
| | Boat seine of drawer type | Young anchovy, Sand eel Squid, Hairtail | |
| Harima-nada (9 units) | Purse seine | Anchovy, Sardine Horse mackerel | Murotu (2) |
| | Boat seine | Sand eel | |
| | Purse seine | Anchovy, Sardine Horse mackerel, Yellow-tail, Spanish mackerel | Boze (2) |
| | Yellowtail culture | | |
| | Purse seine | Anchovy, Sardine Horse mackerel | Kitanada (4), Hiketa (1) |
| | Yellowtail culture | | |
| Iyo-nada (6 units) | Small scale fisheries | Various fishes | |
| | Purse seine | Anchovy, Sardine | Kaminada (2) |
| | Small scale fisheries | Various fishes | |
| | Purse seine | Anchovy | Hiji (2), Beppu (2) |
| | Boat seine of drawer type | Young anchovy | |
| | Small trawl | Prawn, Flounder Squid | |

Fig. 16 Seasonal pattern of combination of anchovy purse seine with other fisheries.

なお，１日当たりの費用については減価償却費が昭和54年の価格で試算されており，実際に操業している資材は昭和54年以前の安い価格で購入され，資材によっては減価償却済みとなっているものもあろう。そのことを考慮すると試算した減価償却費は60万円より低くなる，一方の労賃は最低保障で試算しており，実際には最低保障だけでは労働力の調達・確保は近年の他産業との賃金水準との関係から困難という事情にあり，現実には最低保障以上の収入となる歩合給が加算されて成り立っている。また１日当たり費用としてはそれ以外に氷代が漁獲量の増加に対して加算される。

それらを勘案した漁業の実態としては減価償却費がより低く，出漁に伴う費用はより高くということになり，両者はほぼ相殺されて１日当たりの総費用としては約101万円としてみても大差はないものと思われる。

現存するいわし揚繰網経営体のほとんどは，周年漁業のためFig.16に示す機船船びき網を兼業し，機船船びき網によりカタクチイワシの幼魚であるシラスやイカナゴあるいはシリヤケイカを漁獲対象として操業している。そのことからいわし揚繰網の操業は，イワシ類の盛漁期を中心とした形態をとり兼業種である機船船びき網へとその比重をかける方向へ徐々に移行しつつある。

## 4. むすび

いわし揚繰網は，戦後いわし漁業の中核的な存在として発展，普及してきた。しかしその経過をみると，同漁業の経営体数は終戦直後が最高であったがその後，工業化の進展による労働力の脱漁業化，主要漁獲物であるイワシ類販売価格の低迷，諸費用の高騰という経済事情の中で採算がとれず多くの経営体がいわし漁業として省力的である機船船ぎき網，あるいは他の漁業へと転換していった。

現存するいわし揚繰網経営体は戦後から今日まで，前述の条件の中で経営体当たりの漁獲増大を図りながら経営を維持して今日に至っているといえる。その条件は，現在も同じであり，今後も継続していくものと思われるが，これをいわし揚繰網経営体自身で解決することは不可能であろう。

これらの条件の中で，いわし揚繰網が一番期待するのはイワシ類餌料の販売価格の上昇であろう。それについていえば，現在いわし揚繰網経営が販売する生産地価格はキログラム当たり平均20円という低い価格で推移しているが，それを利用する側の魚類養殖経営が購入する価格は年々上昇し現在では40円から60円となっている。いわし揚繰網経営が販売する価格が低迷しているのに対し，魚類養殖経営が購入する価格が年々上昇していることは，販売から購入までに至る輸送費，保管料だけが上昇し，販売価格が低迷し，購入価格が上昇しているということになる。

イワシ餌料価格を魚類養殖経営からみれば，現在の養殖ハマチ価格がキログラム当たり700円から1.000円の間で販売されており，その価格もここ数年横ばいに推移し，養殖経営としてはハマチ１キログラムの生産に対し，６から８キログラムの投餌が必要とされていることからみて，これ以上の餌代の値上がりは養殖経営が成り立たないという事情にある。そのことからいわし揚繰網が期待するイワシ類餌料価格の上昇は，魚類養殖経営からの制約を受けることになって余り大きな期待はできないとみなければならない。

このようないわし揚繰網経営をとりまく情勢からみて，いわし揚繰網がイワシ漁を目的として経営維持を図るためには，現在以上に漁獲増大を図る必要がある。しかしそれは，昭和54年の大阪府下のイワシ類漁獲量の減少にみられるように資源の現在の水準からみて一定の限界があると考えられ，これ以上の漁獲増はかなり困難なことが予想される。

以上のことから今後のいわし揚繰網経営は，現在指向されつつあるように次のような操業形態をとることとなろう。イワシ類を対象とする操業は盛漁期を中心とする時期に限定され，その間にも機会に恵まれれば高価格魚となりつつあるアジ類・サバ類を対象とした操業を行う。

そして将来は，機船船ぎき網の専業化へ徐々に移行し，周年イワシ類やカタクチイワシ，シラスを漁獲対象とした操業を行い，漁獲物を煮干やチリメン加工原料向けへ指向する。そのことによっていわし漁業としての労働力と費用の節減を図り，また一方における漁獲物価格の上昇を得ることにより経営的安定を図る。それがこれからのいわし漁業の方向であろうと思われる。

## 要　　　約

カタクチイワシを主な対象とする瀬戸内海のいわし揚繰網漁業について，その発生から衰退までの過程を各種の文献と漁業実態調査資料に基づいて分析検討した。また同漁業の現状について分析を行った。その結果は次のように要約される。

1）いわし漁業の発生は15世紀頃にさかのぼり，奈良や京の都を中心とするその周辺地域であった。同漁業は太平洋側では摂津・和泉・紀伊の内海東部で行われ，紀伊漁民によって内海西部や東海，あるいは西南水域へ伝播され発展した。

2）いわし揚繰網は，過去の主要ないわし網漁業であった地びき網，船びき網，任せ網から引き継がれてきた。現在内海で行われているいわし揚繰網は，明治20年頃にわが国に紹介された米国式巾着網と従来から行われていた揚繰網との折衷的な改良揚繰網が岩手，千葉，あるいは兵庫県で開発され発展したものである。

3）戦後のいわし揚繰網の衰退は，主として魚価低迷と，諸費用高騰という採算性の低下および労働力の他産業への流出に伴う人員確保の困難さ等が原因であった。現存する経営は，そのような事情の中で経営体数の減少による個別経営の漁獲増によって経営を維持してきた。しかしいわし揚繰網をとりまくこのような情勢は，今後も継続していくことが予想される。

以上のことから今後のいわし揚繰網経営のあり方としては，諸費用の節減を図る観点から，また漁獲物利用の中での煮干需要が近年増大傾向にあることから，同経営が兼業としている同じいわし網漁業としての省力的な機船船びき網への転換と，その漁獲物であるカタクチイワシやシラスを煮干原料向けとするような経営指向をした方が有利であろうと考えられる。

## 文　　　献

1）山口和雄，昭和22年：日本漁業史，6～90 生活社刊.
2）羽原又吉，1954：日本漁業経済史，中巻二，545～549　岩波書店.
3）山口和雄，1957：日本水産史，日本常民文化研究所，21～84　角川書店.
4）宮本常一，川添　登，1976：日本海洋民，117～119・224～230，未来社刊.
5）石田好数，1978：日本漁民史，172～185，三一書房.
6）新宅　勇，1968：沿岸漁業の地理学的研究　24～25，地人書房.
7）二野瓶徳夫，1967：漁船動力化以前における網漁業の技術改革，漁業経済研究，**15**（3/4），42～58.
8）川口，1962：大野町史，242～245，広島県佐伯郡大野町.
9）小林憲次，1979：宇和海におけるまき網漁業の変遷について，西日本漁業経済論集，(19)，107～110.
10）湯浅照弘，1977：瀬戸内海のイワシ網漁業，経済発展と水産業，103～107，西日本漁業経済学会編.
11）三輪千年，1975：広島県下・瀬戸内海未解放部落民漁夫の鮮海出漁，漁業経済研究 **21**（2），42～53.
12）林崎漁業協同組合，1951：50年の回顧，5～16，林崎漁業協同組合.
13）国富　毅，1964：香川県西讃海域と愛媛県川之江地区のイワシ網漁業の現況と問題点，日本西南域におけるイワシ漁業の地域差に関する研究（昭和39年度中間報告），22～44.
14）漁業センサス，昭和33～53年：農林水産省農林経済局統計調査部.
15）漁業養殖業生産年報，昭和26～53年：農林水産省統計情報部.
16）外間源治，内藤一郎，1976：瀬戸内海におけるいわし漁業の動向―戦後の経過と現状―，西日本漁業経済論集，(17)，47～55.
17）外間源治，内藤一郎，1974：瀬戸内海におけるイワシ漁業の動向―川之江と伊吹島の経営比較―，西日本漁業経済論集，**15**，63～71.
18）外間源治，1977：瀬戸内海におけるイワシ漁業の立地―川之江と伊吹島との経営比較―，漁業経済研究，**23**（3/4），23～35.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 111～133 (1981)

# 基礎生産と漁獲量との関係

## —漁業による基礎生産の利用—

## (瀬戸内海におけるモデル計算)

(綜　述)

多々良　薫

# Relation Between the Primary Production and the Commercial Fishery Production in the Fishing Ground

## Utilization of the Primary Production by the Boat Fishey

(Review)

Kaoru TATARA

This paper aims to present a numerical model of the relation between the primary production and the fishery production in the fishing ground. The basic principle leading to the model is the scheme of energetic flows through the trophic levels in the biological production system in the sea area.

Firstly, the commercial catch was divided into two production series (fish- and benthos-feeding). Each series was then divided according to the trophic levels and species. On the other hand, a species-feeding habits matrix was prepared for each commercial species using the results of various studies of stomach contents, etc. These two informations were combined by the coefficient of assimilation between the trophic levels of each fish- and benthos-feeding production series. Through these procedures, the estimate of the total amount of energy consumed by the catch was calculated in terms of weight of primary production.

The model is shown in Figure 2, and the primary production consumed is estimated by the following equations:

$$(PC) = \sum_{i=0}^{i} (PF_i) + \sum_{i=0}^{i} (PB_i)$$

$$(PF_i) = (CF_i) \Big/ \prod_{n=0}^{i} G_n$$

$$(PB_i) = (CB_i) \Big/ \prod_{n=0}^{i} G_n$$

where

PC = Total amount of primary production utilized through the total catch

$PF_i$ = Amount of primary production utilized through the catch of i-trophic level of fish-feeding series

$PB_i$ = Amount of primary production utilized through the catch of i-trophic level of benthos-feeding series

$CF_i$ = Amount of commercial catch of i-trophic level of fish-feeding series

1981年1月30日受理，南西海区水産研究所業績 第109号

$CB_i$ = Amount of commercial catch of i-trophic level of benthos-feeding series .

$G_n$ = Coefficient of assimilation from (n-1)-trophic level to n-trophic level

r = Rate of dependence to the prey of fish-feeding series

The amount of the primary production which was utilized through the commercial catch was estimated from the amount of the fishery productions in the Seto Inland Sea under the following assumptions. Firstly, the relation among the transfer coefficient ($t_n$), the assimilation coefficient ($G_n$) and the coefficient of prey utilization ($S_n$) between n- and (n−1)-trophic levels is supposed to be $t_n = S_n \cdot G_n$, and also $G_n \cdot t_n$. However, no reliable value on $S_n$ was obtained. In the present calculation, the assimilation coefficients are conjectured to be 0.3 from trophic level 0 (phyto plankton or detritus) to trophic level 1 (phyto pl. feeder or detritus feeder) and to be 0.1 for the higher levels. Secondly, r, the rate of dependence of benthos-feeding series to the prey of fish-feeding series, is conjectured to be 0.5.

Commercial fishery production in the Seto Inland Sea in 1958 was about 240 × $10^3$ m.t., and the estimation of primary production utilized through the catch was about 19 × $10^6$ m.t. In 1977, those values were about 406 × $10^3$ m.t. in the catch and 29 × $10^6$ m.t. in primary production. Commercial catch has increased by 1.7 times during past 20 years, and the utilization of estimated primary production increased about 1.5 times. Finally the paper derived an estimate that 60 - 80 m.t. of primary production of fishing ground is being consumed in each 1 m.t. of commercial catch.

There are some problems that should be clarified in the present method. The following points in question are also included in the summarizing discussions: qualitative contents of catch statistics, feeding habit of commercial species, transfer coefficient and assimilation coefficient between the trophic levels, reduction of assimilation coefficient by detour transformation, primary production consumed by benthos feeders, migratory features of fish resources and aquaculture productions.

海洋生物がその再生産力によって，尽きることのない人類の食糧資源としての可能性を秘めていることは，最も重要な特質である。この再生産サイクルの起点は植物プランクトンによる基礎生産である。基礎生産物は生物界の物質循環機構を介して，次々に高栄養段階の生物に再生産される。その一部が漁獲物として取りあげられ人類に利用される。基礎生産量に比例して漁獲量が得られるわけではないが，基礎生産量から求められる枠を越えた漁獲が得られないことは確かである。

ここでは，基礎生産と漁獲量との関係を検討し，基礎生産量が漁獲量につながる機構の解析を試みる。すなわちまず漁獲量からそれを支えた基礎生産量を求める方法を提示し，この方法を用いて瀬戸内海についてのモデル計算を行ない，漁業を通して利用した基礎生産量について検討を行なう。

科学技術庁は，過去約２年間資源調査所に海洋資源部会海洋生産力小委員会を設け，日本200海里水域の海洋生物生産力に関する取り括めを行なった。著者は小委員会メムバーの一人として，漁業による海域基礎生産力の利用に関する検討に参加した。この綜述はそこで著者が担当した取り括めの内容を主な部分として準備したものである。

同小委員会における検討では，海洋資源部会長大野慶之博士，海洋生産力小委員会委員長木部崎修博士はじめ，専門委員各位から貴重な助言と検討をいただきました。ここに厚くお礼申し上げます。特に遠洋水産研究所長崎福三博士には取り括め全般について示唆に富む指導と助言をいただきました。更に東北大学教授西沢敏博士からは低次生産とその Energy flow に関する最近の知見について懇切なご指導をいただきました。また安楽・遠藤・弘田他の委員からはプランクトン生産に関して，青山・浅見・須田・林他の委員からは高次生産に関して討論をいただきました。さらにモデル計算にあたっては南西海区水産研究所石岡清英技

官がプログラミングを受け持ってご援助して下さいました。南西海区水産研究所長桑谷正幸博士はこの報告を研究所報告として印刷する機会を与えられました。これらの方々に厚くお礼申し上げます。

## 1. 漁獲物と基礎生産の利用

瀬戸内海周辺では1960年代以後のいわゆる高度成長時代に沿岸地域の工業化・都市化が急激に進んだ。そのため産業排水や生活排水が海域に流入して，水質の富栄養化が進み，大規模な赤潮発生や種々の環境問題が起る事態にもなった。

漁業を取りまく諸条件も大きく変化したが，特に水域の富栄養化が餌生物を通して漁業資源の変化に強い影響を与えたことは明らかである。植物プランクトンによる生物生産は動物プランクトンを通して高次栄養段階の生物に利用される。漁獲物となる海域の生物はおおむねプランクトン食種，ベントス食種および魚食種や，エビ・カニ食種などの高次生物であり，しかも商業漁獲物として価値のあるものに限定される。したがって，海域の基礎生産量がそのまま漁業生産に反映されるとは限らない。つまり漁業資源の特性や漁業の特徴によって，海域における基礎生産の利用は如何ようにも変わると見てよいであろう。

ここでは，海域の基礎生産量に対応して，漁業が如何にそれを利用しているかについて検討する。そのため漁獲物を食性によって生物生産系と栄養段階に区分し，転送効率を考慮した上で，漁業生産物が漁獲物となるまでに消費したと考えられる基礎生産量を求めた。

## 2. 漁業が利用した基礎生産量を推定するための基礎資料

### 1) 漁獲統計

まず漁獲物の種類別重量が必要であるが，日本周辺では魚種別漁獲量統計表に海区別統計が収録されている。瀬戸内海では灘別漁獲統計表として公表される更に詳細な統計が利用できる。この統計表は，1964年以

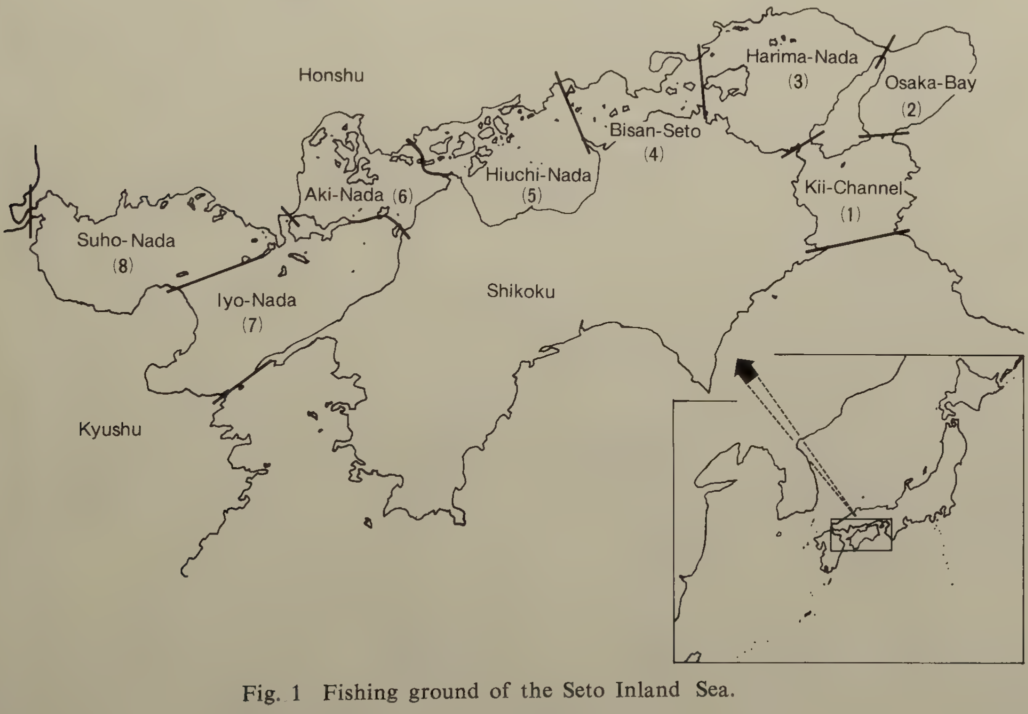



Fig. 1 Fishing ground of the Seto Inland Sea.

降，中四国農政局が公表しているものである。これより先，1958年と1963年については瀬戸内海漁業調整事務局（現同事務所）が漁業センサス資料を基に公表した灘別統計表を利用した。

この統計表には，瀬戸内海を８灘（紀伊水道・大阪湾・播磨灘・備讃瀬戸・燧灘・安芸灘・伊予灘・周防灘）に区分し（**Fig. 1**），その海面漁業および養殖業について，

(i) 生産構造（経営体数，など）

(ii) 生産量（努力量，漁業別漁獲量，種別漁獲量など）

(iii) 生産額

などの統計を含んでいる。

なお，ここでは後述の理由から，養殖生産物に関する検討は行なわなかった。

### 2） 漁獲物の食性

漁獲物として揚げられたものから基礎生産量を求める場合，その漁獲物の生物界における物質循環の中での位置を知る必要がある。つまり食物の質量を推定しなければならない。

ここでは灘別漁獲統計に含まれる約47銘柄の種類について，生物生産系別に食性およびその段階表を用意する。その基礎となる食性については，瀬戸内海における詳細な食性調査結果，瀬戸内海における生態研究結果，他水域の研究結果などを引用又は参考としたほか，これらの結果から推定した。

## 3. 推 定 方 法

### 1） 漁獲物の食性マトリックス

植物プランクトンが生産したいわゆる基礎生産物がエネルギーとして高次栄養段階種へ流れる道すじは，瀬戸内海の場合も，魚食生物生産系とベントス食生物生産系に大きく区分できると考える（**Fig. 2**）。

魚食系は，主として植物プランクトン→動物プランクトン→プランクトン食種→魚食魚類等の系列であり，ベントス食系は主としてデトライタス→デトライタス食ベントス→ベントス食種→魚類等の系列である。しかし，２つに区分したこれらの系列の間にも捕食関係はあるから，エネルギーの流れが全く分かれている訳ではない。とくにベントス食系の場合は種々の段階で魚食系の栄養源にも直接依存している場合が多いことに注意しなければならない。

種類別漁獲量にあげられている種類について，Table 1 に示す食性マトリックスを準備した。

なお，海面漁業漁獲物中の海藻類については栄養段階を０とし，魚食系50%，ベントス系50%とした。また，食性・生態の上で，魚食系・ベントス食系の両系に亘ると見られる種類(タチウオおよびその他の魚※)についても，両系50：50とした。

### 2） 種類別漁獲量

1958年と1963～1977年の16年間について，灘別・種類別漁獲量を Table 2（1977年の例）の様に整理した。統計の銘柄には，生物学的に複数種を含む場合がある。

### 3） 漁獲量の基礎生産量への転換

まず，これまでに述べた食性マトリックスと，灘別・種別漁獲量を組み合わせて，灘別・生物生産系別・栄養段階別漁獲重量表を作る。この栄養段階別漁獲重量に転送効率の逆数を乗算して，漁獲されるまでに捕食したと考えられる餌生物推定重量を，植物プランクトン換算重量として求める。つまり，漁獲物を通して漁業が利用した基礎生産量を推定することとなる。

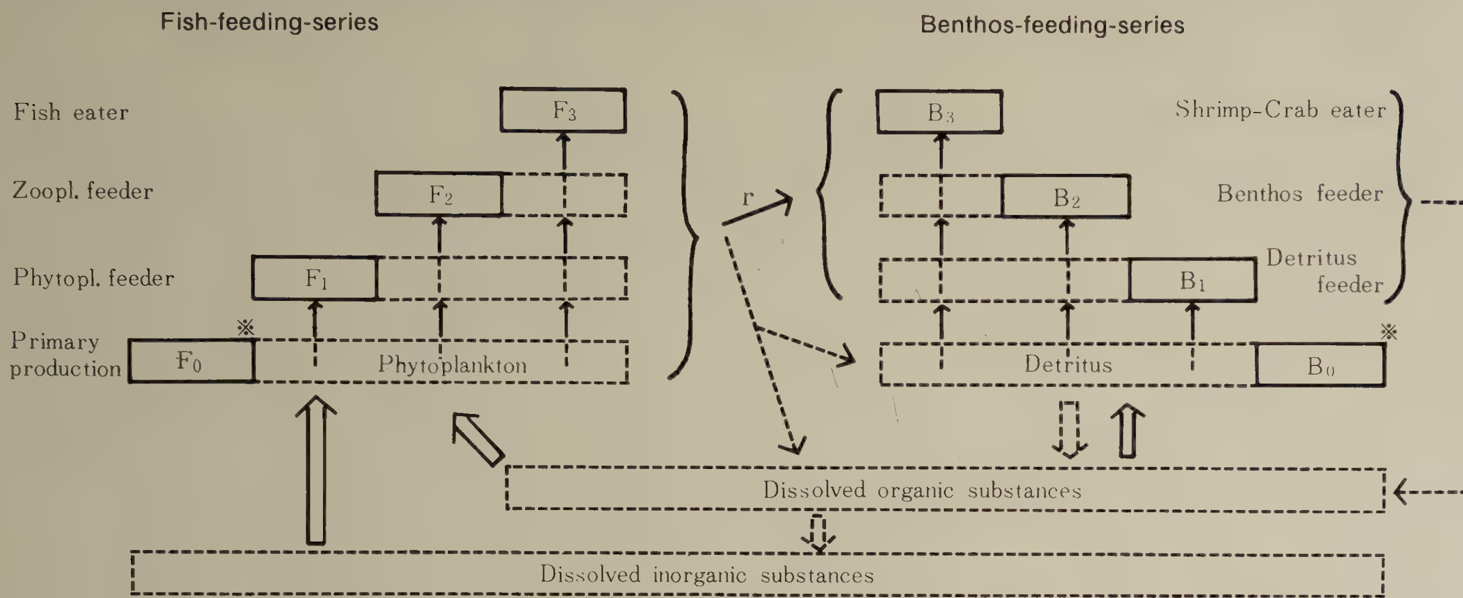
ここで推定式は次のように表わされよう。

$$(PC) = \sum_{i=0}^{3} (PF_i) + \sum_{i=0}^{3} (PB_i)$$

PC ：全漁獲物を通して利用した基礎生産量

$PF_i$ ：魚食系種 i 段階漁獲物を通して利用した基礎生産量

Fig. 2 Utilization of primary production in the fishing ground by the commercial fishery (scheme).




□ : Commercial catch

→ : Flows by feeding

⇒ : Flows by other than feeding

---→ : Flows by excretion and dead body

===⇒ : Flows by other than above mentioned

※ : Crops of sea weed was divided in phytoplankton and detritus.

$$(\mathbf{PC}) = \sum_{i=o}^{3} (\mathbf{PF}_i) + \sum_{i=o}^{3} (\mathbf{PB}_i)$$

$$(\mathbf{PF}_i) = (\mathbf{CF}_i) / \prod_{n=o}^{i} \mathbf{g}_n$$

$$(\mathbf{PB}_i) = \mathbf{r} \cdot (\mathbf{CB}_i) / \prod_{n=o}^{i} \mathbf{g}_n$$

where : **PC** : Total amount of primary production utilized through the total catch.

$\mathbf{PF}_i$ : Amount of primary production utilized through the catch of i-trophic level of fish-feeding series.

$\mathbf{PB}_i$ : Amount of primary production utilized through the catch of benthos-feeding series.

$\mathbf{CF}_i$ : Amount of commercial catch of i-trophic level of fish-feeding series.

$\mathbf{CB}_i$ : Amount of commercial catch of i-trophic level of benthos-feeding series.

$G_n$ : Coefficient of assimilation from (n-1) -trophic level to n-trophic level.

**r** : Rate of dependence to the prey of fish-feeding series.

Table 1. Species-feeding habit matrix.

| Bio-production series / Trophic level / Species | Fish-feeding (F) 0 (Plant) | Fish-feeding (F) 1 Phyto pl. feeder | Fish-feeding (F) 2 Zoo pl. feeder | Fish-feeding (F) 3 Fish eater | Benthos-feeding (B) 0 (Plant) | Benthos-feeding (B) 1 Phyto pl. feeder | Benthos-feeding (B) 2 Zoo pl. feeder | Benthos-feeding (B) 3 Fish eater | Total (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 マイワシ Sardine | | 50 | 50 | | | | | | 100 |
| 2 カタクチ Anchovy | | | 100 | | | | | | 100 |
| 3 シラス Shirasu (Anchovy larvae) | | | 100 | | | | | | 100 |
| 4 アジ類 Horse mackerels | | | 100 | | | | | | 100 |
| 5 サバ類 Mackerels | | | 100 | | | | | | 100 |
| 6 ブリ Yellow tail | | | | 100 | | | | | 100 |
| 7 ヒラメ Bastard halibut | | | | 100 | | | | | 100 |
| 8 メイタ Fine spotted flounder | | | | | | | 100 | | 100 |
| 9 他のカレイ・ヒラメ Other flat fishes | | | | | | | 50 | 50 | 100 |
| 10 サメ類 Sharks | | | | | | | | 100 | 100 |
| 11 ニベ・グチ類 Croakers | | | | | | | | 100 | 100 |
| 12 エソ類 Lizard fishes | | | | 100 | | | | | 100 |
| 13 ハモ Eel (*Muraenesox cinereus*) | | | | | | | | 100 | 100 |
| 14 タチウオ Ribon fish | | | | 50 | | | | 50 | 100 |
| 15 イボダイ Butter fish | | | 100 | | | | | | 100 |
| 16 エイ類 Skates | | | | | | | | 100 | 100 |
| 17 マダイ Red Sea Bream | | | | | | | | 100 | 100 |
| 18 クロダイ Black sea bream | | | | | | | | 100 | 100 |
| 19 サワラ Sawara (*Scomberomorus*) | | | | 100 | | | | | 100 |
| 20 ボラ類 Mullets | | | | | | | 50 | 50 | 100 |
| 21 スズキ Sea bass | | | | 100 | | | | | 100 |
| 22 イカナゴ Sand lance | | | 100 | | | | | | 100 |
| 23 アナゴ Eel (*Astroconger*) | | | | | | | | 100 | 100 |
| 24 コノシロ Gizzard shad | | 100 | | | | | | | 100 |
| 25 カサゴ・メバル Rock fishes (*Sebastes*) | | | | | | | | 100 | 100 |
| 26 他の魚 Other fishes | | | 15 | 35 | | | 15 | 35 | 100 |
| 27 コウイカ Sepia (Cuttle fish) | | | | | | | | 100 | 100 |
| 28 他のイカ Other Squids | | | | | | | | 100 | 100 |
| 29 タコ類 Octopuses | | | | | | | | 100 | 100 |
| 30 クルマエビ Kuruma prawn | | | | | | | | 100 | 100 |
| 31 他のエビ Other shrimps | | | | | | | 100 | | 100 |
| 32 ガザミ Blue crab | | | | | | | | 100 | 100 |
| 33 他のカニ Other crabs | | | | | | | 100 | | 100 |
| 34 ウニ Sea urchin | | | | | | 100 | | | 100 |
| 35 ナマコ Sea cucumbers | | | | | | 100 | | | 100 |
| 36 シャコ Mantis shrimps | | | | | | | | 100 | 100 |
| 37 エムシ類 Polycheatas | | | | | | 100 | | | 100 |
| 38 他の水動 Other benthos | | | | | | 50 | 50 | | 100 |
| 39 アワビ Abalone | | | | | | 100 | | | 100 |
| 40 サザエ Turbo | | | | | | 100 | | | 100 |
| 41 ハマグリ Clam | | | | | | 100 | | | 100 |
| 42 アサリ Short necked clam | | | | | | 100 | | | 100 |
| 43 モガイ Ark shells | | | | | | 100 | | | 100 |
| 44 タイラギ Pen shells | | | | | | 100 | | | 100 |
| 45 他の貝 Other shell fishes | | | | | | 100 | | | 100 |
| 46 ワカメ Wakame sea weed | 50 | | | | 50 | | | | 100 |
| 47 他の草類 Other sea weeds | 50 | | | | 50 | | | | 100 |

Table 2. Catch amount by species and by fishing ground (Boat fishery 1977)

| Species \ Fishing ground No. | Kii 1 | Osaka 2 | Harima 3 | Bisan 4 | Hiuchi 5 | Aki 6 | Iyo 7 | Suho 8 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 マイワシ Sardine | 2,888 | 19,930 | 331 | — | — | — | 152 | — | 23,301 |
| 2 カタクチ Anchovy | 6,262 | 17,916 | 22,385 | 213 | 42,879 | 8,251 | 8,964 | 134 | 107,004 |
| 3 シラス Shirasu (Anchovy larvae) | 5,696 | 3,337 | 1,329 | — | — | 181 | 986 | — | 11,529 |
| 4 アジ類 Horse mackerels | 1,939 | 405 | 1,880 | 6 | 230 | 145 | 297 | 29 | 4,931 |
| 5 サバ類 Mackerels | 1,827 | 1,175 | 237 | 1 | 10 | 44 | 89 | — | 3,383 |
| 6 ブリ Yellow tail | 193 | 21 | 115 | 10 | 33 | 13 | 54 | 1 | 440 |
| 7 ヒラメ Bastard halibut | 38 | 6 | 19 | 43 | 158 | 10 | 85 | 14 | 373 |
| 8 メイタ Fine spotted flounder | 116 | 162 | 601 | 442 | 594 | 305 | 423 | 248 | 2,891 |
| 9 他のカレイ・ヒラメ Other flat fishes | 378 | 796 | 2,029 | 1,221 | 1,460 | 534 | 1,366 | 2,436 | 10,220 |
| 10 サメ類 Sharks | 27 | 54 | 4 | — | 105 | 7 | 60 | 2 | 259 |
| 11 ニベ・グチ類 Croakers | 149 | 497 | 272 | 3,665 | 810 | 281 | 357 | 310 | 6,341 |
| 12 エソ類 Lizard fishes | 1,892 | 165 | 218 | 27 | 1,461 | 226 | 800 | 330 | 5,119 |
| 13 ハモ Eel (*Muraenesox cinereus*) | 296 | 41 | 18 | — | 17 | 9 | 36 | 1 | 418 |
| 14 タチウオ Ribon fish | 4,231 | 68 | 154 | — | 458 | 408 | 774 | 18 | 6,111 |
| 15 イボダイ Butter fish | 3 | 1 | — | — | — | — | — | — | 4 |
| 16 エイ類 Skates | 19 | 29 | 14 | 7 | 108 | 23 | 79 | 87 | 366 |
| 17 マダイ Red sea bream | 240 | 93 | 74 | 23 | 1,418 | 502 | 594 | 16 | 2,960 |
| 18 クロダイ Black sea bream | 90 | 30 | 365 | 486 | 785 | 260 | 183 | 573 | 2,772 |
| 19 サワラ Sawara (*Scomberomorus*) | 281 | 132 | 529 | 177 | 1,024 | 137 | 474 | 259 | 3,013 |
| 20 ボラ類 Mullets | 124 | 348 | 810 | 286 | 691 | 288 | 939 | 1,488 | 4,974 |
| 21 スズキ Sea bass | 128 | 708 | 751 | 306 | 430 | 117 | 283 | 676 | 3,399 |
| 22 イカナゴ Sand lance | 1,636 | 3,646 | 15,022 | 3,412 | 728 | 4 | — | — | 24,448 |
| 23 アナゴ Eel (*Astroconger*) | 238 | 1,024 | 1,204 | 580 | 1,116 | 492 | 365 | 814 | 5,833 |
| 24 コノシロ Gizzard shad | 269 | 517 | 2,377 | 319 | 524 | 392 | 399 | 552 | 5,349 |
| 25 カサゴ・メバル Rock fishes (*Sebastes*) | 138 | 178 | 616 | 410 | 747 | 219 | 323 | 353 | 2,984 |
| 26 他の魚 Other fishes | 6,700 | 2,332 | 4,431 | 3,051 | 5,105 | 2,383 | 8,349 | 5,719 | 38,070 |
| 27 コウイカ Sepia (Cuttle fish) | 4,320 | 227 | 1,101 | 571 | 4,536 | 480 | 3,448 | 797 | 15,480 |
| 28 他のイカ Other squids | 239 | 177 | 994 | 101 | 541 | 45 | 2,115 | 289 | 4,501 |
| 29 タコ類 Octopuses | 431 | 528 | 1,892 | 621 | 837 | 641 | 795 | 1,157 | 6,902 |
| 30 クルマエビ Kuruma prawn | 142 | 112 | 171 | 35 | 52 | 24 | 189 | 257 | 982 |
| 31 他のエビ Other shrimps | 1,573 | 1,376 | 2,495 | 1,129 | 3,519 | 1,487 | 4,920 | 4,028 | 20,527 |
| 32 ガザミ Blue crab | 153 | 61 | 163 | 48 | 426 | 48 | 2 | 6 | 907 |
| 33 他のカニ Other crabs | 118 | 38 | 183 | 548 | 193 | 32 | 89 | 340 | 1,541 |
| 34 ウニ Sea urchin | 46 | — | 1 | 8 | 252 | 34 | 413 | 24 | 778 |
| 35 ナマコ Sea cucumbers | 117 | 43 | 617 | 97 | 476 | 1,661 | 1,044 | 840 | 4,895 |
| 36 シャコ Mantis shrimps | 126 | 669 | 1,980 | 582 | 1,523 | 160 | 88 | 816 | 5,944 |
| 37 エムシ類 Polycheatas | — | 3 | 22 | 7 | 29 | 17 | — | 35 | 113 |
| 38 他の水動 Other benthos | 4,260 | — | 14 | 11 | — | — | — | 32 | 4,317 |
| 39 アワビ Abalone | 114 | 29 | 10 | — | 4 | 19 | 115 | 3 | 294 |
| 40 サザエ Turbo | 150 | 4 | 87 | 28 | 373 | 56 | 282 | 213 | 1,193 |
| 41 ハマグリ Clam | 13 | — | 32 | — | — | — | — | 83 | 128 |
| 42 アサリ Short necked clam | 17 | 1 | 352 | 103 | 1,798 | 1,003 | 637 | 22,846 | 26,757 |
| 43 モガイ Ark shells | 7 | 25 | — | 1,301 | — | — | — | 192 | 1,525 |
| 44 タイラギ Pen shells | — | — | 111 | 1,297 | — | — | 162 | 485 | 2,055 |
| 45 他の貝 Other shell fishes | 195 | 62 | 792 | 2,174 | 5,892 | 3,040 | 2,224 | 9,946 | 24,325 |
| 46 ワカメ Wakame sea weed | 145 | 28 | 150 | 467 | 200 | 24 | 93 | 52 | 1,159 |
| 47 他の草類 Other sea weeds | 1,026 | 98 | 2,313 | 2 | 325 | 290 | 602 | 191 | 4,847 |
| SUB-T | 48,990 | 57,092 | 69,265 | 23,815 | 81,867 | 24,292 | 43,649 | 56,692 | 405,662 |

Table 3. Conversion of the commercial catch weight to the estimated consumption of primary production by bio-production series, by fishing ground and by year (1958, 1963–1977). Unit: m. t.

(For 1977)

| Fishing ground | Fish-feeding series | | | | | Benthos-feeding series | | | | | PF+PB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $F_0$ (Plant) | $F_1$ Phyto pl. feeder | $F_2$ Zoo pl. feeder | $F_3$ Fish eater | PF (Sub-T) | $B_0$ (Plant) | $B_1$ Detritus feeder | $B_2$ Benthos feeder | $B_3$ Shrimp-crab eater | PB (Sub-T) | |
| 1 Kii | 1 | 6 | 660 | 2,331 | 2,998 | 0 | 5 | 87 | 1,887 | 1,978 | 4,976 |
| 2 Osaka | 0 | 35 | 1,227 | 627 | 1,889 | 0 | 0 | 42 | 857 | 899 | 2,788 |
| 3 Harima | 1 | 8 | 1,389 | 1,087 | 2,486 | 1 | 3 | 90 | 1,986 | 2,079 | 4,565 |
| 4 Bisan | 0 | 1 | 136 | 544 | 681 | 0 | 8 | 56 | 1,492 | 1,556 | 2,237 |
| 5 Hiuchi | 0 | 2 | 1,487 | 1,707 | 3,196 | 0 | 15 | 102 | 2,685 | 2,803 | 5,999 |
| 6 Aki | 0 | 1 | 299 | 514 | 815 | 0 | 10 | 43 | 773 | 826 | 1,641 |
| 7 Iyo | 0 | 2 | 389 | 1,668 | 2,059 | 0 | 8 | 131 | 2,183 | 2,322 | 4,381 |
| 8 Suho | 0 | 2 | 34 | 1,097 | 1,133 | 0 | 58 | 124 | 1,575 | 1,757 | 2,890 |
| Total | 3 | 57 | 5,622 | 9,575 | 15,257 | 2 | 107 | 674 | 13,438 | 14,220 | 29,477 |

$PB_i$ ：ベントス食系種 i 段階漁獲物を通して利用した基礎生産量

$$(PF_i) = (CF_i) / \prod_{n=0}^{i} g_n$$

$$(PB_i) = r \cdot (CB_i) / \prod_{n=0}^{i} g_n$$

$CF_i$ ：魚食系種 i 段階の漁獲量

$CB_i$ ：ベントス食系種 i 段階の漁獲量

$g_n$ ：（n－1）栄養段階から n 段階への餌生物同化率

r ：ベントス食系種漁獲物の魚食系餌生物種への依存度

## 4. 得られた結果

上に述べた推定式による計算にあたって，栄養段階別漁獲重量（$CF_i$，$CB_i$）は，求められている。しかし餌生物同化率 $g_n$ は転送効率 $t_n$ と次式の関係で結ばれていると考えられる。

$$t_n = S_n \cdot g_n$$

$S_n$：n 段階種の（n－1）段階種餌生物利用率

この式は同化率 $g_n$ が転送率 $t_n$ より可成り大きくなるであろうことを意味しているが，利用率 $S_n$ の値は今のところ信頼すべき推定値をうることができない。唯，$S_1$（植物プランクトンから動物プランクトンに至る利用率）がほぼ1.0に近いであろうことが知られているのみである。ここでは $g_1=0.3$ とし $g_2$，$g_3$ を一率に0.1として計算を行なった。実際の $g_2$，$g_3$ は0.1より可成り大きいとすれば，以下の計算結果は基礎生産利用度をその分だけ過大に見積ったことになるであろう。しかし後述するように，食物鎖における側鎖の存在を考慮すればこの過大評価は帖消しとなる可能が強いと考えられる。

またベントス食系種のエネルギー源は魚食系餌生物の直接捕食と，生物系からの排泄物やその屍体が源となるデトライタスである。しかし，その依存する比率は不明である。ここでは魚食系餌生物への依存度（$r$）を便宜的に50％として計算する。

これらの便宜的な数値を導入すれば，漁獲物を通して利用した基礎生産量は次式で推定できることとなる。

$$(PC) = \Sigma (PF_i) + \Sigma (PB_i)$$

$$= (CF_0) + \sum_{i=1}^{3} \left\{ (CF_i) \times \frac{1}{3} \times 10^i \right\}$$

$$+ (CB_0) + \frac{1}{2} \left[ \sum_{i=1}^{3} \left\{ (CB_i) \times \frac{1}{3} \times 10^i \right\} \right]$$

瀬戸内海における年次別・灘別・生物生産系別漁獲量から，上記の方法で求めた基礎生産量を，Table 3 に示した（1977年の例）。

## 5. 議　　論

### 1） 計算上の問題

**(1) 統計と食性について**：　灘別統計にあげられた47種のうち17銘柄は２種以上の種を含んでいる。食性マトリックスはこの銘柄別に食性を評価しているから，複数種の銘柄については食性が実態を反映できない。しかし「サメ類」や「グチ類」のように，その大部分は食性が類似している場合が多く，“その他の

カレイ・ヒラメ”にしても，魚食性のヒラメとベントス食のメイタは別銘柄となっているから，他のカレイ類が一括されても，ここでの分析には問題はないであろう。ただ「その他の魚」のような銘柄では，全漁獲の8～9％を占める銘柄だけに，厳密には今後検討しなければならない問題が残されている。

さらに食性については，詳しい研究結果を引用できた種もあるが，断片的な調査結果しか利用できなかった場合がある。また，充実した調査結果があっても食性は餌生物環境に大きく左右され，時期と場所とによって変化するから，その評価がむづかしい場合もある。ただ，変動が大きいと云っても，それぞれの種類のの生態・形態からみて，参考とした食性研究結果から大きく逸脱するとは考え難い。例えば，マダイがイカナゴやカタクチなどの魚食系プランクトン食種などを捕食することがあっても，位置づけとしてはエビ・カニ食と区分することに問題はないであろう。しかし，食性は幼魚から成魚までの発育によって変わる場合がある。内海資源は一般に幼魚や若年魚の多い資源であるから，その点でも食性の評価に問題を残しており，今後の課題である。

**(2) 転送効率について：** ここで行なった計算における大きい問題点は，食段階間の転送効率の推定値が海域における実態を正しく反映しているかどうかである。瀬戸内海においてその実態を調べた研究は無いが，他の海域についても知見は貧弱のようである。ここでは便宜的に植物プランクトンから動物プランクトンでは 3/10，他の場合はすべて 1/10 を使った。この推定法による場合，実験的にしろこの効率についての知見を高めることは最も重要な課題の一つであろう。

また転送効率については漁業資源の特色から来る問題がある。瀬戸内海は全体として幼魚の生育場としての性格が強く，漁獲物が高次栄養段階の種でも一般に若令である。しかし漁獲統計にはこのような情報は“シラス”を除いて全く含まれていない。若令期の食性が成魚と質的に異ることと併せて，若令期の転送効率が成魚にくらべて可成り高いことに注意しなければならない。これも今後の検討課題である。

これら瀬戸内海における漁業と資源の特色を考慮すると，ここで得られている計算結果，つまり漁獲物を通して利用した基礎生産量は過大に評価されている可能性がある。

**(3) 迂回転送による同化効率の低下：** 図2に示した模式図では，同一栄養段階内での捕食関係を想定していない。つまり，或段階の食種は必らず一段低次の餌生物を捕食するとの仮定である。しかし，同一栄養段階内でも，より大型種が小型種を捕食する場合が有り得よう。捕食の一般的傾向としては，大型の餌ほどまた高次の餌生物ほど同化効率が良いと考えられ，捕食種の餌の大きさの選択（Size preference）でも捕食可能な範囲内では比較的大型餌生物の側に選択が高い。

同化率を0.1とした場合，餌生物10の全量を直下の栄養段階から得たとすれば，同化量は1となる。しかし，1/3を同一段階から，つまり迂回して側鎖から同化したとすれば，同化量はほぼ0.7，2/3を側鎖から同化すればほぼ0.4となり，同化効率は迂回するほど低下する。つまり側鎖による同化量の増大とともに利用した基礎生産の推定値は過少評価となる。

このようなエネルギーの迂回転送は，相対的な高次捕食種の減少とともに大きくなる筈であり，側鎖を断ち切ることによって全体としての基礎生産利用効率は高まるであろう。

海域におけるエネルギー転送メカニズムでは，種々の栄養段階におけるこのような迂回転送が Energy flow のバッファーとして働いていると考えられ，この解明も重要課題の一つである。

**(4) ベントス食系種が利用（消費）した基礎生産量の推定：** ここで用いた計算法では生物生産系を魚食系とベントス食系とに2大別する考え方をとっている。しかし胃内容物調査結果を見ても，種によっては，特に高次栄養段階の種類では，その食性が確然とどちらかの系に位置付けできない場合がある。例えば魚食系のヒラメがエビ類を捕食する場合や，ベントス食系のマダイの胃内容物にイカナゴが出現する場合である。ただ，ブリ・サワラ等の典型的魚食系種がエビ・カニ等に依存する度合は，マダイなどエビ・カニ食種における魚食系餌生物への依存にくらべると，問題にならないほど小さいことは明らかである。

これらの事情を考慮して，便宜的に魚食系種のベントス食系餌生物への依存は0％とし，逆にベントス食

系種の魚食系餌生物への依存は50%であると仮定した。この仮定は今後の研究によって修正を要する点である。

**(5) 養殖生産物について**：　瀬戸内海における海面養殖業の生産は近年25～30万トンに及んでいる。海面漁業生産量が約40万トンであるから日本の他の沿岸に比べて養殖業は遙かに重要な部分を占めている。ただ，ハマチ・タイ・クルマエビと云った投餌養殖の場合は，主として他水域で漁獲された餌を使用するから，内海の基礎生産を利用するとは云い難い。またこれらの種の生産は全養殖生産量の 10～15％に過ぎない。

カキ，のり，わかめの養殖生産物は，養殖生産重量の80%以上を占め，いずれも内海の基礎生産を利用する。しかし，これらの養殖産品による基礎（植物）生産の利用は，貝類（カラ付重量約17万トン）によるものと海藻類（生産量約15万トン）であるから，ベントス食系種によるものが重要部分である。

カキやその他の貝類の主要餌生物は，デトライタスと植物プランクトンとされるから，投餌をしない養殖産品による基礎生産の利用は，高々数十万トンの水準と推定される。従って，現状の推定値の確からしさからみて，海面漁業による推定利用量数千万トンの誤差範囲と云うことになろう。

**2) 計算結果について**

瀬戸内海における 1 年間の漁業生産は海面漁業が約40万トン，養殖業が約27万トン（1977年）であり，約 39ton/km²/年と云う高い生産性を示している。この値は日本の 200 海里水域における約 2.0ton/km²/年や他の沿岸漁業水域の生産が大まかに約 10ton/km²/年と推定されるのに比べて，内海漁業の生産性が如何にすぐれているかを物語っている。これは戦前の約12万トンの生産から戦後期と高度成長期における 2 回の飛躍的生産増の結果である。特に内海沿岸地帯の工業化・都市化が進んだ1963年～1970年の時代には海面漁業において漁獲重量が約 1.7 倍にも増加した（Fig. 3）。

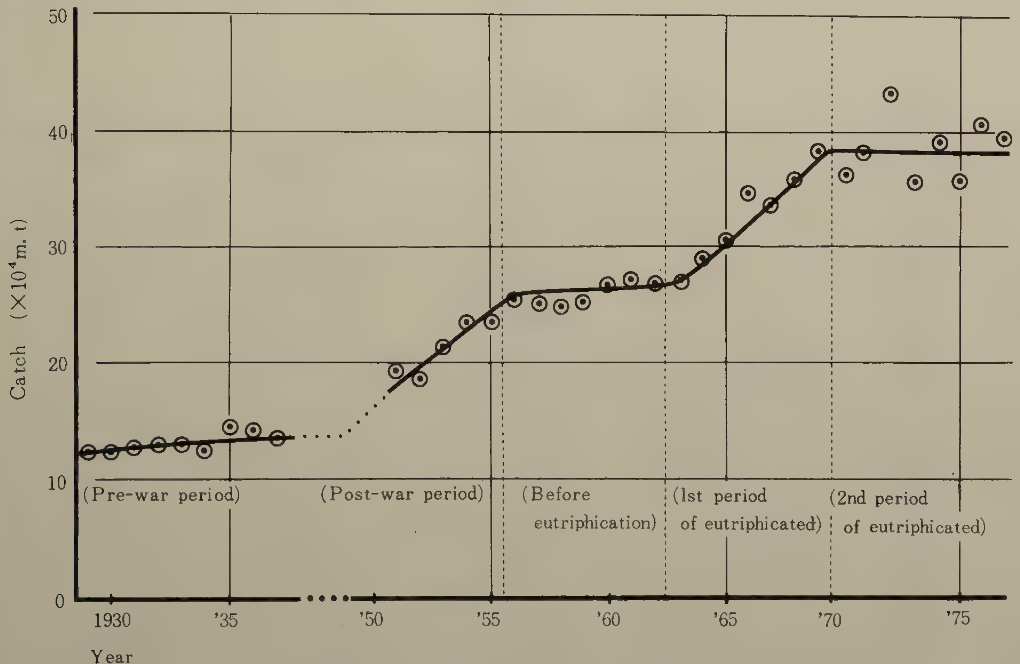



Fig. 3 Change of catch amount by boat fishery in the Seto Inland Sea.

Table 4. The amount of commercial catch and the estimated consumption of primary production through the commercial catch. Right side numerals of each fishing ground row are the ratios of each value to the average values of 1958 and 1963 in %.

(1) Catch (m.t.)

| Year \ Fishing ground | Kii 1 | | Osaka 2 | | Harima 3 | | Bisan 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1958 | 32,391 | 108 | 44,879 | 89 | 46,415 | 101 | 18,026 | 91 |
| 1963 | 27,859 | 92 | 55,420 | 111 | 45,866 | 99 | 21,574 | 109 |
| 1964 | 22,071 | 73 | 55,043 | 110 | 52,852 | 115 | 29,106 | 147 |
| 1965 | 28,126 | 93 | 58,049 | 116 | 69,517 | 151 | 23,808 | 120 |
| 1966 | 31,361 | 104 | 56,119 | 112 | 59,589 | 129 | 23,290 | 118 |
| 1967 | 35,868 | 119 | 60,858 | 121 | 69,327 | 150 | 27,537 | 139 |
| 1968 | 36,815 | 122 | 50,311 | 100 | 83,801 | 182 | 24,585 | 124 |
| 1969 | 40,162 | 133 | 63,526 | 127 | 79,243 | 172 | 24,122 | 122 |
| 1970 | 39,330 | 131 | 52,338 | 104 | 87,481 | 190 | 28,510 | 144 |
| 1971 | 40,695 | 135 | 55,856 | 111 | 75,105 | 163 | 33,663 | 170 |
| 1972 | 45,094 | 150 | 45,892 | 92 | 69,500 | 151 | 30,273 | 153 |
| 1973 | 41,505 | 138 | 49,482 | 99 | 62,397 | 135 | 26,424 | 133 |
| 1974 | 48,435 | 161 | 62,547 | 125 | 69,146 | 150 | 37,544 | 190 |
| 1975 | 55,771 | 185 | 55,188 | 110 | 62,328 | 135 | 24,210 | 122 |
| 1976 | 51,662 | 171 | 72,866 | 145 | 77,095 | 167 | 28,899 | 146 |
| 1977 | 48,990 | 163 | 57,092 | 114 | 69,265 | 150 | 23,815 | 120 |

(2) Estimated amount of primary production utilized ($10^3$ m.t.)

| Year \ Fishing ground | Kii 1 | | Osaka 2 | | Harima 3 | | Bisan 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1958 | 2,933 | 108 | 3,464 | 112 | 3,234 | 100 | 1,368 | 86 |
| 1963 | 2,514 | 92 | 2,720 | 88 | 3,231 | 100 | 1,814 | 114 |
| 1964 | 1,829 | 67 | 2,441 | 79 | 3,683 | 114 | 2,057 | 129 |
| 1965 | 2,399 | 88 | 2,439 | 79 | 4,195 | 130 | 1,740 | 109 |
| 1966 | 3,288 | 121 | 2,880 | 93 | 4,126 | 128 | 1,833 | 115 |
| 1967 | 3,489 | 128 | 2,800 | 91 | 4,613 | 143 | 1,872 | 118 |
| 1968 | 3,964 | 146 | 2,542 | 82 | 4,936 | 153 | 1,767 | 111 |
| 1969 | 4,892 | 180 | 3,357 | 109 | 5,023 | 155 | 1,681 | 106 |
| 1970 | 4,798 | 176 | 2,768 | 90 | 4,983 | 154 | 1,852 | 116 |
| 1971 | 4,564 | 168 | 2,669 | 86 | 4,941 | 153 | 1,993 | 125 |
| 1972 | 5,785 | 212 | 2,448 | 79 | 4,673 | 145 | 2,000 | 126 |
| 1973 | 4,846 | 178 | 2,650 | 86 | 4,257 | 132 | 1,771 | 111 |
| 1974 | 5,620 | 206 | 3,635 | 118 | 4,952 | 153 | 2,240 | 141 |
| 1975 | 6,159 | 226 | 2,605 | 84 | 4,033 | 125 | 2,093 | 132 |
| 1976 | 5,951 | 218 | 3,815 | 123 | 4,880 | 151 | 2,395 | 151 |
| 1977 | 4,976 | 183 | 2,788 | 90 | 4,565 | 141 | 2,237 | 141 |

| Hiuchi 5 | | Aki 6 | | Iyo 7 | | Suho 8 | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37,909 | 96 | 18,530 | 104 | 17,250 | 92 | 28,222 | 95 | 243,622 | 97 |
| 41,182 | 104 | 17,235 | 96 | 20,394 | 108 | 31,389 | 105 | 260,919 | 103 |
| 47,693 | 121 | 19,685 | 110 | 28,214 | 150 | 34,767 | 117 | 289,431 | 115 |
| 38,471 | 97 | 23,628 | 132 | 24,525 | 130 | 34,963 | 117 | 301,087 | 119 |
| 51,355 | 130 | 26,091 | 146 | 27,266 | 145 | 42,215 | 142 | 317,286 | 126 |
| 46,540 | 118 | 27,892 | 156 | 28,876 | 153 | 37,813 | 127 | 334,711 | 133 |
| 51,285 | 130 | 25,213 | 141 | 30,369 | 161 | 46,265 | 155 | 348,644 | 138 |
| 64,095 | 162 | 23,538 | 132 | 30,270 | 161 | 55,892 | 188 | 380,848 | 151 |
| 56,939 | 144 | 22,592 | 126 | 36,290 | 193 | 50,513 | 169 | 373,993 | 148 |
| 53,654 | 136 | 21,002 | 117 | 35,966 | 191 | 63,308 | 212 | 379,249 | 150 |
| 78,919 | 200 | 23,382 | 131 | 37,401 | 199 | 105,632 | 354 | 436,093 | 173 |
| 59,838 | 151 | 21,986 | 123 | 30,573 | 162 | 73,334 | 246 | 365,539 | 145 |
| 65,200 | 165 | 23,481 | 131 | 32,431 | 172 | 64,626 | 217 | 403,410 | 160 |
| 69,415 | 176 | 21,532 | 120 | 37,003 | 197 | 49,580 | 166 | 375,027 | 149 |
| 81,915 | 207 | 25,743 | 144 | 40,980 | 218 | 41,664 | 140 | 420,824 | 167 |
| 81,867 | 207 | 24,292 | 136 | 43,649 | 232 | 56,692 | 190 | 405,662 | 161 |

| Hiuchi 5 | | Aki 6 | | Iyo 7 | | Suho 8 | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3,417 | 106 | 1,511 | 103 | 1,438 | 85 | 2,138 | 99 | 19,503 | 102 |
| 3,022 | 94 | 1,415 | 97 | 1,935 | 115 | 2,189 | 101 | 18,840 | 98 |
| 3,315 | 103 | 1,436 | 98 | 2,418 | 143 | 2,256 | 104 | 19,434 | 101 |
| 3,044 | 95 | 1,322 | 90 | 2,135 | 127 | 1,958 | 90 | 19,231 | 100 |
| 3,313 | 103 | 1,467 | 100 | 2,365 | 140 | 1,959 | 91 | 21,233 | 111 |
| 3,161 | 98 | 1,553 | 106 | 2,131 | 126 | 2,151 | 99 | 21,770 | 114 |
| 3,326 | 103 | 1,456 | 100 | 2,300 | 136 | 1,977 | 91 | 22,268 | 116 |
| 3,252 | 101 | 1,392 | 95 | 2,221 | 132 | 2,022 | 93 | 23,840 | 124 |
| 3,747 | 116 | 1,397 | 95 | 2,657 | 157 | 1,926 | 89 | 24,129 | 126 |
| 4,049 | 126 | 1,309 | 89 | 2,476 | 147 | 2,107 | 97 | 24,108 | 126 |
| 5,104 | 159 | 1,306 | 89 | 2,663 | 158 | 2,615 | 121 | 26,593 | 139 |
| 4,375 | 136 | 1,407 | 96 | 2,126 | 126 | 2,259 | 104 | 23,691 | 124 |
| 4,946 | 154 | 1,552 | 106 | 2,347 | 139 | 2,440 | 113 | 27,731 | 145 |
| 5,367 | 167 | 1,563 | 107 | 3,529 | 209 | 2,794 | 129 | 28,144 | 147 |
| 5,809 | 180 | 1,836 | 125 | 4,483 | 266 | 2,723 | 126 | 31,892 | 166 |
| 5,999 | 186 | 1,641 | 112 | 4,381 | 260 | 2,890 | 134 | 29,477 | 154 |

Table 5. The amount of commercial catch and the estimated consumption of primary production through the catch by bio-production series. Right side numerals of each fishing ground row are the ratios of each value to the average values of 1958 and 1963 in %.

(1) Fish-feeding series

(a) Catch amount (m.t.)

| Year \ Fishing ground | Kii 1 | | Osaka 2 | | Harima 3 | | Bisan 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1958 | 21,267 | 111 | 29,406 | 83 | 29,260 | 102 | 4,647 | 99 |
| 1963 | 17,077 | 89 | 41,701 | 117 | 28,222 | 98 | 4,745 | 101 |
| 1964 | 14,737 | 77 | 28,543 | 80 | 31,499 | 110 | 6,100 | 130 |
| 1965 | 19,328 | 101 | 41,504 | 117 | 49,659 | 173 | 5,023 | 107 |
| 1966 | 19,199 | 100 | 42,955 | 121 | 38,656 | 134 | 7,350 | 157 |
| 1967 | 24,564 | 128 | 42,477 | 119 | 46,472 | 162 | 7,928 | 169 |
| 1968 | 23,261 | 121 | 38,530 | 108 | 63,680 | 222 | 6,878 | 146 |
| 1969 | 20,755 | 108 | 52,806 | 149 | 55,532 | 193 | 6,013 | 128 |
| 1970 | 22,498 | 117 | 43,122 | 121 | 66,840 | 233 | 6,252 | 133 |
| 1971 | 24,736 | 129 | 45,346 | 128 | 54,303 | 189 | 12,749 | 271 |
| 1972 | 26,685 | 139 | 33,772 | 95 | 47,852 | 166 | 10,587 | 225 |
| 1973 | 26,084 | 136 | 42,120 | 118 | 41,208 | 143 | 9,490 | 202 |
| 1974 | 29,851 | 156 | 50,707 | 143 | 44,891 | 156 | 17,049 | 363 |
| 1975 | 35,752 | 186 | 47,679 | 134 | 40,912 | 142 | 7,040 | 150 |
| 1976 | 30,568 | 159 | 62,312 | 175 | 56,159 | 195 | 13,335 | 284 |
| 1977 | 29,103 | 152 | 49,222 | 138 | 48,717 | 170 | 6,274 | 134 |

(b) Estimated consumption of primary production through commercial catch ($10^3$ m.t.)

| Year \ Fishing ground | Kii 1 | | Osaka 2 | | Harima 3 | | Bisan 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1958 | 1,776 | 110 | 2,255 | 107 | 1,760 | 99 | 541 | 94 |
| 1963 | 1,460 | 90 | 1,956 | 93 | 1,790 | 101 | 613 | 106 |
| 1964 | 1,150 | 71 | 1,517 | 72 | 2,045 | 115 | 741 | 128 |
| 1965 | 1,484 | 92 | 1,838 | 87 | 2,698 | 152 | 687 | 119 |
| 1966 | 1,891 | 117 | 2,009 | 95 | 2,519 | 142 | 817 | 142 |
| 1967 | 2,160 | 133 | 1,989 | 94 | 2,764 | 156 | 747 | 129 |
| 1968 | 2,334 | 144 | 1,779 | 84 | 3,321 | 187 | 740 | 128 |
| 1969 | 2,499 | 154 | 2,403 | 114 | 3,144 | 177 | 657 | 114 |
| 1970 | 2,866 | 177 | 1,950 | 93 | 3,360 | 189 | 680 | 118 |
| 1971 | 2,817 | 174 | 1,927 | 92 | 3,119 | 176 | 838 | 145 |
| 1972 | 3,699 | 229 | 1,543 | 73 | 2,634 | 148 | 735 | 127 |
| 1973 | 3,218 | 199 | 1,895 | 90 | 2,434 | 137 | 671 | 116 |
| 1974 | 3,692 | 228 | 2,618 | 124 | 2,890 | 163 | 1,007 | 175 |
| 1975 | 4,025 | 249 | 1,859 | 88 | 2,053 | 116 | 693 | 120 |
| 1976 | 3,716 | 230 | 2,598 | 123 | 2,730 | 154 | 934 | 162 |
| 1977 | 2,998 | 185 | 1,889 | 90 | 2,486 | 140 | 681 | 118 |

| Hiuchi 5 | | Aki 6 | | Iyo 7 | | Suho 8 | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18, 229 | 116 | 9, 881 | 116 | 8, 696 | 102 | 4, 130 | 94 | 125, 514 | 100 |
| 13, 220 | 84 | 7, 174 | 84 | 8, 403 | 98 | 4, 680 | 106 | 125, 220 | 100 |
| 15, 599 | 99 | 5, 673 | 67 | 13, 097 | 153 | 5, 348 | 121 | 120, 595 | 96 |
| 14, 076 | 90 | 6, 031 | 71 | 9, 872 | 115 | 3, 682 | 84 | 149, 174 | 119 |
| 25, 907 | 165 | 6, 018 | 71 | 9, 520 | 111 | 3, 412 | 77 | 153, 016 | 122 |
| 20, 837 | 133 | 5, 663 | 66 | 12, 938 | 151 | 4, 165 | 95 | 165, 041 | 132 |
| 28, 198 | 179 | 6, 063 | 71 | 17, 031 | 199 | 3, 574 | 81 | 187, 213 | 149 |
| 25, 046 | 159 | 5, 547 | 65 | 18, 294 | 214 | 3, 395 | 77 | 187, 386 | 149 |
| 24, 502 | 156 | 5, 786 | 68 | 22, 922 | 268 | 3, 221 | 73 | 195, 142 | 156 |
| 26, 057 | 166 | 5, 403 | 63 | 21, 105 | 247 | 3, 384 | 77 | 193, 081 | 154 |
| 52, 660 | 335 | 5, 587 | 66 | 17, 298 | 202 | 3, 875 | 88 | 198, 315 | 158 |
| 36, 534 | 232 | 6, 311 | 74 | 12, 651 | 148 | 3, 895 | 88 | 178, 291 | 142 |
| 33, 423 | 213 | 7, 641 | 90 | 11, 042 | 129 | 6, 250 | 142 | 200, 852 | 160 |
| 40, 859 | 260 | 8, 265 | 97 | 13, 642 | 160 | 3, 909 | 89 | 198, 055 | 158 |
| 48, 064 | 306 | 11, 336 | 133 | 14, 180 | 166 | 4, 273 | 97 | 240, 227 | 192 |
| 50, 521 | 321 | 11, 073 | 130 | 17, 492 | 205 | 4, 985 | 113 | 217, 387 | 173 |

| Hiuchi 5 | | Aki 6 | | Iyo 7 | | Suho 8 | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1, 719 | 109 | 740 | 111 | 649 | 85 | 816 | 95 | 10, 256 | 103 |
| 1, 443 | 91 | 590 | 89 | 880 | 115 | 907 | 105 | 9, 638 | 97 |
| 1, 436 | 91 | 537 | 81 | 1, 117 | 146 | 898 | 104 | 9, 440 | 95 |
| 1, 426 | 90 | 575 | 86 | 1, 075 | 141 | 716 | 83 | 10, 499 | 106 |
| 1, 696 | 107 | 606 | 91 | 1, 129 | 148 | 679 | 79 | 11, 348 | 114 |
| 1, 517 | 96 | 625 | 94 | 1, 129 | 148 | 803 | 93 | 11, 733 | 118 |
| 1, 758 | 111 | 614 | 92 | 1, 295 | 169 | 767 | 89 | 12, 608 | 127 |
| 1, 721 | 109 | 624 | 94 | 1, 300 | 170 | 683 | 79 | 13, 031 | 131 |
| 2, 003 | 127 | 598 | 90 | 1, 686 | 220 | 680 | 79 | 13, 823 | 139 |
| 2, 029 | 128 | 543 | 82 | 1, 449 | 189 | 708 | 82 | 13, 431 | 135 |
| 2, 817 | 178 | 522 | 78 | 1, 443 | 189 | 870 | 101 | 14, 264 | 143 |
| 2, 340 | 148 | 580 | 87 | 1, 004 | 131 | 711 | 82 | 12, 854 | 129 |
| 2, 386 | 151 | 653 | 98 | 1, 045 | 137 | 773 | 90 | 15, 064 | 151 |
| 2, 661 | 168 | 680 | 102 | 1, 617 | 211 | 875 | 102 | 14, 464 | 145 |
| 3, 128 | 198 | 872 | 131 | 1, 774 | 232 | 917 | 106 | 16, 670 | 168 |
| 3, 196 | 202 | 815 | 123 | 2, 059 | 269 | 1, 133 | 131 | 15, 257 | 153 |

(2) Benthos-feeding series

(a) Catch amount (m.t.)

| Year \ Fishing ground | Kii 1 | | Osaka 2 | | Harima 3 | | Bisan 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1958 | 11,125 | 102 | 15,473 | 106 | 17,156 | 99 | 13,380 | 89 |
| 1963 | 10,783 | 98 | 13,720 | 94 | 17,645 | 101 | 16,829 | 111 |
| 1964 | 7,334 | 67 | 26,500 | 182 | 21,353 | 123 | 23,007 | 152 |
| 1965 | 8,798 | 80 | 16,545 | 113 | 19,858 | 114 | 18,785 | 124 |
| 1966 | 12,162 | 111 | 13,164 | 90 | 20,934 | 120 | 15,941 | 106 |
| 1967 | 11,305 | 103 | 18,381 | 126 | 22,856 | 131 | 19,610 | 130 |
| 1968 | 13,555 | 124 | 11,781 | 81 | 20,121 | 116 | 17,708 | 117 |
| 1969 | 19,408 | 177 | 10,721 | 73 | 23,711 | 136 | 18,110 | 120 |
| 1970 | 16,832 | 154 | 9,217 | 63 | 20,641 | 119 | 22,258 | 147 |
| 1971 | 15,960 | 146 | 10,511 | 72 | 20,802 | 120 | 20,915 | 138 |
| 1972 | 18,409 | 168 | 12,120 | 83 | 21,648 | 124 | 19,686 | 130 |
| 1973 | 15,421 | 141 | 7,363 | 50 | 21,189 | 122 | 16,935 | 112 |
| 1974 | 18,584 | 170 | 11,841 | 81 | 24,255 | 139 | 20,496 | 136 |
| 1975 | 20,020 | 183 | 7,509 | 51 | 21,417 | 123 | 17,171 | 114 |
| 1976 | 21,095 | 193 | 10,554 | 72 | 20,936 | 120 | 15,564 | 103 |
| 1977 | 19,887 | 182 | 7,870 | 54 | 20,548 | 118 | 17,541 | 116 |

(b) Estimated consumption of primary production through the commercial catch ($10^3$m.t.)

| Year \ Fishing ground | Kii 1 | | Osaka 2 | | Harima 3 | | Bisan 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1958 | 1,157 | 105 | 1,209 | 122 | 1,474 | 101 | 827 | 82 |
| 1963 | 1,054 | 95 | 764 | 77 | 1,441 | 99 | 1,201 | 118 |
| 1964 | 679 | 61 | 924 | 94 | 1,638 | 112 | 1,316 | 130 |
| 1965 | 915 | 83 | 601 | 61 | 1,497 | 103 | 1,053 | 104 |
| 1966 | 1,397 | 126 | 871 | 88 | 1,607 | 110 | 1,016 | 100 |
| 1967 | 1,329 | 120 | 811 | 82 | 1,849 | 127 | 1,125 | 111 |
| 1968 | 1,630 | 147 | 763 | 77 | 1,615 | 111 | 1,027 | 101 |
| 1969 | 2,393 | 216 | 954 | 97 | 1,879 | 129 | 1,024 | 101 |
| 1970 | 1,932 | 175 | 818 | 83 | 1,623 | 111 | 1,172 | 116 |
| 1971 | 1,747 | 158 | 742 | 75 | 1,822 | 125 | 1,155 | 114 |
| 1972 | 2,086 | 189 | 905 | 92 | 2,039 | 140 | 1,265 | 125 |
| 1973 | 1,628 | 147 | 755 | 76 | 1,823 | 125 | 1,100 | 108 |
| 1974 | 1,928 | 174 | 1,017 | 103 | 2,062 | 141 | 1,233 | 122 |
| 1975 | 2,134 | 193 | 746 | 76 | 1,980 | 136 | 1,400 | 138 |
| 1976 | 2,235 | 202 | 1,217 | 123 | 2,150 | 147 | 1,461 | 144 |
| 1977 | 1,978 | 179 | 899 | 91 | 2,079 | 143 | 1,556 | 153 |

| Hiuchi 5 | | Aki 6 | | Iyo 7 | | Suho 8 | | Totel | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19,681 | 83 | 8,649 | 92 | 8,554 | 83 | 24,093 | 95 | 118,109 | 93 |
| 27,962 | 117 | 10,062 | 108 | 11,991 | 117 | 26,710 | 105 | 135,700 | 107 |
| 32,094 | 135 | 14,013 | 150 | 15,117 | 147 | 29,419 | 116 | 168,836 | 133 |
| 24,396 | 102 | 17,598 | 188 | 14,653 | 143 | 31,281 | 123 | 151,913 | 120 |
| 25,448 | 107 | 20,073 | 215 | 17,746 | 173 | 38,804 | 153 | 164,271 | 129 |
| 25,704 | 108 | 22,230 | 238 | 15,939 | 155 | 33,648 | 132 | 169,670 | 134 |
| 23,087 | 97 | 19,151 | 205 | 13,338 | 130 | 42,692 | 168 | 161,431 | 127 |
| 39,050 | 164 | 17,991 | 192 | 11,976 | 117 | 52,497 | 207 | 193,462 | 152 |
| 32,438 | 136 | 16,806 | 180 | 13,369 | 130 | 47,292 | 186 | 178,852 | 141 |
| 27,597 | 116 | 15,599 | 167 | 14,861 | 145 | 59,925 | 236 | 186,168 | 147 |
| 26,260 | 110 | 17,796 | 190 | 20,104 | 196 | 101,757 | 401 | 237,779 | 187 |
| 23,304 | 98 | 15,676 | 168 | 17,923 | 174 | 69,440 | 273 | 187,249 | 148 |
| 31,777 | 133 | 15,840 | 169 | 21,390 | 208 | 58,377 | 230 | 202,558 | 160 |
| 28,557 | 120 | 13,268 | 142 | 23,361 | 227 | 45,672 | 180 | 176,972 | 139 |
| 33,851 | 142 | 14,407 | 154 | 26,800 | 261 | 37,391 | 147 | 180,598 | 142 |
| 31,346 | 132 | 13,220 | 141 | 26,157 | 255 | 51,707 | 204 | 188,276 | 148 |

| Hiuchi 5 | | Aki 6 | | Iyo 7 | | Suho 8 | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,698 | 104 | 771 | 97 | 789 | 86 | 1,322 | 102 | 9,247 | 100 |
| 1,579 | 96 | 825 | 103 | 1,055 | 114 | 1,282 | 98 | 9,202 | 100 |
| 1,879 | 115 | 899 | 113 | 1,301 | 141 | 1,358 | 104 | 9,994 | 108 |
| 1,618 | 99 | 747 | 94 | 1,060 | 115 | 1,242 | 95 | 8,732 | 95 |
| 1,617 | 99 | 861 | 108 | 1,236 | 134 | 1,280 | 98 | 9,885 | 107 |
| 1,644 | 100 | 928 | 116 | 1,002 | 109 | 1,348 | 104 | 10,037 | 109 |
| 1,568 | 96 | 842 | 106 | 1,005 | 109 | 1,210 | 93 | 9,660 | 105 |
| 1,531 | 93 | 768 | 96 | 921 | 100 | 1,339 | 103 | 10,809 | 117 |
| 1,744 | 106 | 799 | 100 | 971 | 105 | 1,246 | 96 | 10,306 | 112 |
| 2,020 | 123 | 766 | 96 | 1,027 | 111 | 1,399 | 107 | 10,677 | 116 |
| 2,287 | 140 | 784 | 98 | 1,220 | 132 | 1,745 | 134 | 12,329 | 134 |
| 2,035 | 124 | 827 | 104 | 1,122 | 122 | 1,548 | 119 | 10,837 | 117 |
| 2,560 | 156 | 899 | 113 | 1,302 | 141 | 1,667 | 128 | 12,667 | 137 |
| 2,706 | 165 | 883 | 111 | 1,912 | 207 | 1,919 | 147 | 13,680 | 148 |
| 2,681 | 164 | 964 | 121 | 2,709 | 294 | 1,806 | 139 | 15,222 | 165 |
| 2,803 | 171 | 826 | 104 | 2,322 | 252 | 1,757 | 135 | 14,220 | 154 |

漁獲量が急増した背景には，漁船・漁具などの機械化・近代化による漁獲力の急激な増加があり，資源に対する漁業の圧力が強化され漁獲物は全体として小型化・若令化が進んでいる。

この漁獲の量的拡大と共に漁獲物中の高級種が減り，多獲性種や中級種の割合が多くなっている。また漁場環境も産業排水や生活排水の流入によって富栄養化が進み，内海全域で基礎生産の増加があったと考えられる。

このような漁業の推移を背景にしながら計算結果を考察しょう。

**(1) 漁業ならびに利用した基礎生産の推移**： まず Table 4 には年次別・灘別に漁獲量と，先に述べた計算式で求めた「漁業が利用した基礎生産」を示した。漁獲が約24万トンから約40万トンに増大した期間に，漁獲物として利用した基礎生産量は1958年における約 2,000 万トンから1977年における約 3,000 万トンに増加した。1977年における基礎生産の利用は魚食系漁獲物を通して約 1,500 万トン，ベントス食系漁獲物を通して約 1,400 万トンである。Table 5 には生物生産系別に漁獲と漁獲による生物生産の利用状況を表にしたが，最近の約20年間に海域における生物生産の利用は約50%増加したと推定される。この増加割合は魚食系・ベントス食系両系のいずれの場合もほぼ同率である。

この約20年間に漁獲量は約 1.7 倍に，基礎生産の利用は約 1.5 倍に増加した。ここで漁獲物として揚げられた水産物が消費したと考えられる基礎生産量は，漁獲量の増加と共に増大している。しかしその増加は単純な比例関係とはならない。Fig. 4 には漁獲物 1 トン当りの基礎生産の利用（消費）の変化を経年的に図示した。生物生産系を込みにした値では1970年までは減少し，以後増加に転じている。ただし，最近の 3 年間（1975～1977年）の高い値は，西部海域におけるイカ類の大発生に影響されている可能性がある。特定種の著増は，かつて異常発生と云われて，充分利用されない場合が多かった。貝類をはじめこの様な大発生が可成りの頻度で見られるようになったのは近年の内海の特色である。また同時に充分ではないにしてもその利用度が高まったのも近年の特色である。

生物生産系別（Fig. 5）に見ると，込みにした状況が主としてベントス食系の変化に強く影響されていることが分かる。ベントス食系の1964年～1973年の値が低いのは貝類が多獲された事に影響されているが，以後の上昇は特徴的である。魚食系では1960年代後半に低下したあと1970年代前半には一旦上昇しているが，その後はベントス食系とは逆にまた低下している。一般に漁獲物の平均栄養段階が低下すれば，漁獲量当りの基礎生産の利用度は低下し，栄養段階の高い漁獲物の割合が多くなればその利用度は高まることになるであろう。

1964年～1970年は瀬戸内海における漁獲量が急増した時期と一致し，それ以後の数年は増加傾向が停滞して約40万トンに頭打ちとなった時代である。つまり急激な漁獲増は平均栄養段階を低下させることによって達成され，その後の量的増加が停滞した時期には再び栄養段階の高次のものへと漁獲が戻って行ったことを示している。ただここで，漁獲量急増時にはカタクチイワシ・イカナゴや，多獲性貝類のような栄養段階の低い漁獲物の増加が著しかった割には，基礎生産の利用率の低下は著しくないように思われる。高次種の漁獲増も同時に進行したと見るべきであろう。また1970年以後の漁業資源の平均年令が，それ以前の平均年令と変わっている証拠はないから，Fig. 4 の右上がりは，漁獲物の種類組成の変化によるものと見て良いであろう。

**(2) 栄養段階別にみた漁獲と基礎生産の利用**： 瀬戸内海における1977年の漁獲を生産系別・栄養段階別に区分して Table 6 に示した。この表には漁獲を通して利用した基礎生産についても同様の区分で表示している。まず漁獲量についてみると魚食系の53.6%に対してベントス系は46.4%であった。魚食系の内訳をみると動物プランクトン食種 ($F_2$) が約78%を占め，魚食種 ($F_3$) の13%，植物プランクトン食種($F_1$) の 8 %となっている。これに対しベントス食系ではエビ・カニ食種 ($B_3$) が43%，デトライタス食種 ($B_1$) 34%，ベントス食種 ($B_2$) が22%で比較的バランスのある漁獲がなされている。

この漁獲を通して利用した基礎生産量の計算値では，いずれの生産系でも高次栄養段階の値が高いが，特

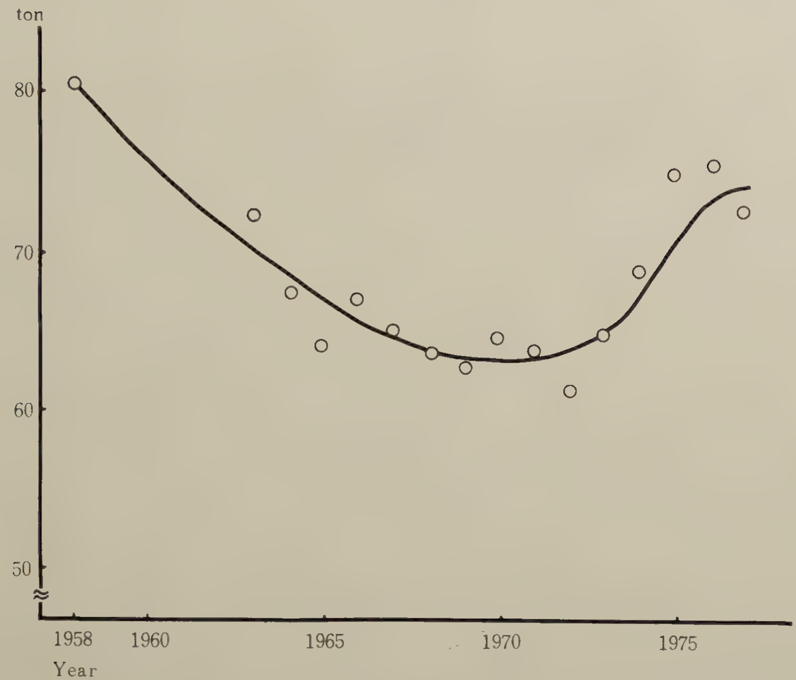



Fig. 4 Changes of estimated consumption of primary production by 1 m. t. of commercial catch (total).

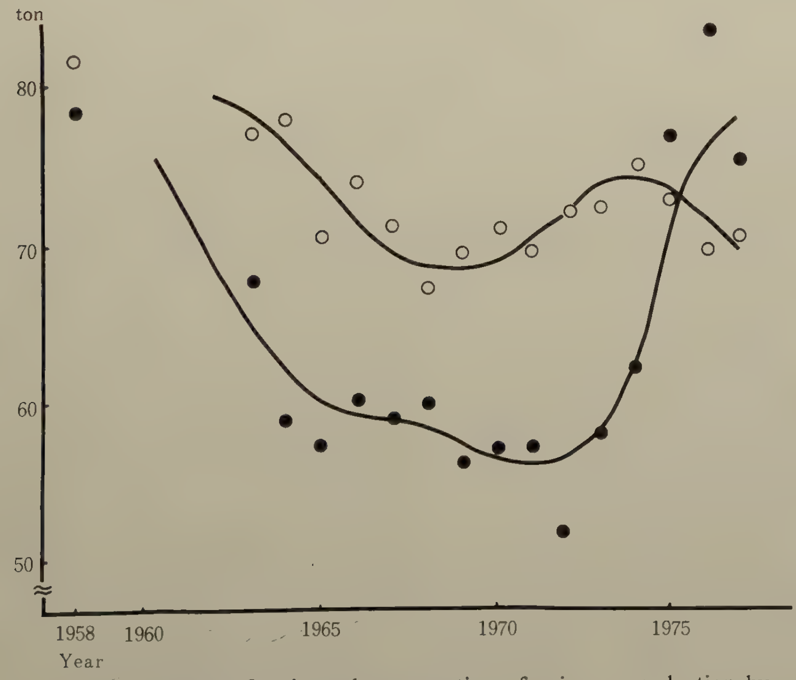



Fig. 5 Changes of estimated consumption of primary production by 1 m. t. of commercial catch.
○ : by fish-feeding series, ● : by benthos-feeding series,

Table 6. Catch amounts and estimated consumptions of primary production through the catches by bio-production series and by trophic level (for 1977).
F : Fish-feeding series B : Benthos-feeding series C : Catch amount
$P_C$ : Estimated consumption of primary production through the catch

| Trophic level | F | | | | B | | | | T | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C ton | % | $P_C$ 1000ton | % | C ton | % | $P_C$ 1000ton | % | C ton | % | $P_C$ 1000ton | % |
| 0 | 3,003 | 1.4 | 3 | 0.0 | 3,003 | 1.6 | 2 | 0.0 | 6,006 | 1.5 | 5 | 0.0 |
| 1 | 17,000 | 7.8 | 57 | 0.4 | 64,222 | 34.1 | 107 | 0.8 | 81,222 | 20.0 | 164 | 0.6 |
| 2 | 168,660 | 77.6 | 5,622 | 36.9 | 40,425 | 21.5 | 674 | 4.7 | 209,091 | 51.4 | 6,296 | 21.4 |
| 3 | 28,724 | 13.2 | 9,575 | 62.8 | 80,626 | 42.8 | 13,438 | 94.5 | 109,350 | 27.0 | 23,013 | 78.1 |
| Total | 217,387 | 100.0 | 15,257 | 100.1 | 188,276 | 100.0 | 14,220 | 100.0 | 405,662 | 99.9 | 29,477 | 100.1 |
| T.C (%) | 53.6 | | | | 46.4 | | | | 100.0 | | | |
| T.$P_C$ (%) | | | 51.8 | | | | 48.2 | | | | 100.0 | |

にベントス食系ではエビ・カニ食種（$B_3$）の値が約95%を占めている。

この結果から見れば，漁業による生産の約½は中位の栄養段階（$F_2$，$B_2$）であり，低位（$F_1$，$B_1$）と高位（$F_3$，$B_3$）が夫々約¼を占めていることが分る。しかし，この漁獲を通して利用している基礎生産では約⅘は高位栄養段階種（$F_3$，$B_3$）を通して利用し，約⅕が中位種（$F_2$，$B_2$）を通しての利用であることが分る。漁業による選択的な漁獲が，海域基礎生産の利用を強く特色づけることがうかがえる。また高級種と云われる種類は栄養段階の高いものが多いから，高級種を選択的に獲る沿岸漁業の海域利用は合理性があると云えよう。

Table 7 にはここで1977年について述べた数値の推移を1958年および1963年～1977年について百分率で示している。

(3) **資源の分布特性について**： 水域の基礎生産と漁獲物による基礎生産の利用を対比する際のもう一つの問題は，漁業対象資源が移動する問題である。瀬戸内海漁業の対象資源には内外海交流種がある。幼期に内海で生育し，生長と共に生活領域を外海にまで拡げて内外海を交流する種である。従って，内海で捕食し生長して外海で漁獲される場合や，逆に冬期に外海で生活した後，夏期に内海で漁獲される場合もある。このような事情を考えると，厳密には内海で漁獲されたものがすべて瀬戸内海内部の基礎生産を利用消費したものとは云い難い。

しかし，内外海に分布が拡がる種と云っても極く少数の浮魚，例えば，マイワシやアジ・サバ類のように幼期だけに内海に棲む種が見られるだけで，殆んどの種は隣接の極く狭い外海沿岸域に季節的な行きつ戻りつをする程度である。そして，内海でのマイワシ，アジ・サバ類の漁獲はあまり大きくはない。また内外海交流生態は年々大きく変わるものではないから，内海と隣接外海の漁業が相対的に安定している現状からみて，基礎生産の利用状況を年々の推移で見る限り大きい問題とはならないだろう。

次に瀬戸内海の東部では魚食系の漁獲がベントス食系を上廻わり，西部では逆にベントス食系漁獲物が魚食系より多い特色が明らかである。漁獲物を通して利用（消費）した基礎生産でもこの傾向は同じである。この内海の東と西の資源の特性が，漁業による利用の結果であるか，又は逆に水域の生物生産の特性が漁業そして漁獲物を特性づけているか，は明らかではない。

しかし比較的漁場が平坦で底魚への漁獲圧力が強く，その資源状態の悪化が酷いと考えられる紀伊水道・大阪湾・播磨灘など東部では，ベントス食系を通しての基礎生産の利用が劣っており，底魚資源の悪化が比較的少ない西部水域ではベントス食系を通しての利用が東部に比べて優れているように見られる。

Table 7. Catch amounts and estimated consumption of primary productions through the catches by bio-production series and by trophic level, from 1958 to 1977 in the Seto Inland Sea.

$C_F$: Catch amount of fish-feeding series, $F_0$, $F_1$, $F_2$, $F_3$: Trophic levels of fish series, $P_CF$: Estimated consumption of primary production through $C_F$, $C_B$: Catch amount of benthos-feeding series, $B_0$, $B_1$, $B_2$, $B_3$: Trophic level of benthos-series, $P_CB$: Estimated consumption of primary production through $C_B$.

| Year | $C_F$ | $F_0$ | $F_1$ | $F_2$ | $F_3$ | $C_B$ | $B_0$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $P_CF$ | $F_0$ | $F_1$ | $F_2$ | $F_3$ | $P_CB$ | $B_0$ | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ton | % | | | | ton | % | | | | 1000 ton | % | | | | 1000 ton | % | | | |
| 1958 | 125,514 | 0.9 | 0.9 | 81.8 | 16.3 | 118,109 | 1.0 | 21.3 | 34.4 | 43.3 | 10,256 | 0.0 | 0.0 | 33.4 | 66.6 | 9,247 | 0.0 | 0.5 | 7.3 | 92.2 |
| 1963 | 125,220 | 0.8 | 1.6 | 82.8 | 14.8 | 135,700 | 0.7 | 37.0 | 24.4 | 37.9 | 9,638 | 0.0 | 0.1 | 35.9 | 64.1 | 9,202 | 0.0 | 0.9 | 6.0 | 93.1 |
| 1964 | 120,595 | 2.0 | 2.3 | 80.3 | 15.4 | 168,836 | 1.5 | 42.7 | 23.1 | 32.8 | 9,440 | 0.0 | 0.1 | 34.2 | 65.7 | 9,994 | 0.0 | 1.2 | 6.5 | 92.3 |
| 1965 | 149,174 | 2.1 | 2.3 | 82.8 | 12.8 | 151,913 | 2.0 | 42.0 | 24.3 | 31.6 | 10,499 | 0.0 | 0.1 | 39.2 | 60.7 | 8,732 | 0.0 | 1.2 | 7.1 | 91.7 |
| 1966 | 153,016 | 1.6 | 2.8 | 81.6 | 14.1 | 164,271 | 1.5 | 38.6 | 26.8 | 33.0 | 11,348 | 0.0 | 0.1 | 36.7 | 63.2 | 9,885 | 0.0 | 1.1 | 7.4 | 91.5 |
| 1967 | 165,041 | 2.4 | 3.0 | 81.4 | 13.1 | 169,670 | 2.3 | 42.5 | 22.3 | 32.8 | 11,733 | 0.0 | 0.1 | 38.2 | 61.7 | 10,037 | 0.0 | 1.2 | 6.3 | 92.5 |
| 1968 | 187,213 | 1.9 | 3.0 | 83.2 | 11.8 | 161,431 | 2.2 | 43.9 | 20.5 | 33.4 | 12,608 | 0.0 | 0.2 | 41.2 | 58.7 | 9,660 | 0.0 | 1.2 | 5.7 | 93.1 |
| 1969 | 187,386 | 1.9 | 3.4 | 82.0 | 12.6 | 193,462 | 1.9 | 49.4 | 17.4 | 31.3 | 13,031 | 0.0 | 0.2 | 39.3 | 60.5 | 10,809 | 0.0 | 1.5 | 5.2 | 93.3 |
| 1970 | 195,142 | 1.8 | 3.7 | 81.4 | 13.1 | 178,852 | 2.0 | 47.0 | 18.8 | 32.2 | 13,823 | 0.0 | 0.2 | 38.3 | 61.5 | 10,306 | 0.0 | 1.4 | 5.4 | 93.2 |
| 1971 | 193,081 | 1.6 | 4.1 | 81.6 | 12.7 | 186,168 | 1.7 | 47.1 | 19.2 | 32.0 | 13,431 | 0.0 | 0.2 | 39.1 | 60.7 | 10,677 | 0.0 | 1.4 | 5.6 | 93.1 |
| 1972 | 198,315 | 1.7 | 4.4 | 80.4 | 13.5 | 237,779 | 1.5 | 53.5 | 16.1 | 29.0 | 14,264 | 0.0 | 0.2 | 37.3 | 62.5 | 12,329 | 0.0 | 1.7 | 5.2 | 93.1 |
| 1973 | 178,291 | 2.9 | 2.0 | 81.7 | 13.4 | 187,249 | 2.8 | 46.0 | 18.9 | 32.4 | 12,854 | 0.0 | 0.1 | 37.8 | 62.1 | 10,837 | 0.0 | 1.3 | 5.4 | 93.2 |
| 1974 | 200,852 | 3.4 | 2.7 | 79.4 | 14.5 | 202,558 | 3.3 | 41.3 | 20.3 | 35.1 | 15,064 | 0.0 | 0.1 | 35.3 | 64.6 | 12,667 | 0.0 | 1.1 | 5.4 | 93.5 |
| 1975 | 198,055 | 1.9 | 8.3 | 75.6 | 14.3 | 176,972 | 2.1 | 32.6 | 21.4 | 43.9 | 14,464 | 0.0 | 0.4 | 34.5 | 65.1 | 13,680 | 0.0 | 0.7 | 4.6 | 94.7 |
| 1976 | 240,227 | 1.5 | 5.0 | 80.9 | 12.7 | 180,598 | 2.0 | 28.9 | 20.9 | 48.2 | 16,670 | 0.0 | 0.2 | 38.9 | 60.9 | 15,222 | 0.0 | 0.6 | 4.1 | 95.3 |
| 1977 | 217,387 | 1.4 | 7.8 | 77.6 | 13.2 | 188,276 | 1.6 | 34.1 | 21.5 | 42.8 | 15,257 | 0.0 | 0.4 | 36.9 | 62.8 | 14,220 | 0.0 | 0.8 | 4.7 | 94.5 |

## 参　考　文　献


浅見忠彦，1962：太平洋南区のカタクチイワシに関する研究．南水研報，(16)．

中国・四国農政局，1963～1977：瀬戸内海漁業灘別統計表．

遠藤拓郎，1972：瀬戸内海の基礎生産．海洋科学，4．

花岡　資，1952：内湾生産力の標示について．内水研報，(1)．

———，1953：内湾漁獲物の組成について．日水誌，19(4)．

———，1954：Community としてみた水産資源に関する一考察．内水研報，(6)．

———，1977：魚類群集の構造と生産，海の生物群集の生産，畑中正吉教授退官記念誌．

林　知夫ほか，1960：魚食性底魚類の食性に関する研究．農林水産技術会議成果　2．

池田郁夫，1957：食性の問題，東海黄海における底魚資源研究　4．

今林博道・花岡　資・高森茂樹，1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態　Ⅰ．他魚種との関係．本誌，(8)，101～111．

———・———・矢野　実，1977：———————————　Ⅱ．底性動物群集と関連した底魚群集の変動．本誌，(10)，73～86．

———・———・———，1977：———————————　Ⅲ．個体群の種内関係．本誌，(10)，87～100．

岩井昌三・森脇胖二，1981：明石海峡及びその周辺海域における重要水族の資源生態調査，本四架橋漁業影響調査報，(29)．日水資保護協会．

科学技術庁，1974：海洋微生物およびプランクトンの役割と開発利用に関する基礎資料．資源調査所資料，(31)．

北森良之介ほか，1958：藻場の生態学的研究　Ⅰ．日水研報，(11)．

北森良之介，　1959：———————　Ⅱ．日水研報，(12)．

———，1964：瀬戸内海とその近接水域における底曳網漁獲物の食性群別組成について．内水研刊行物C輯，(2―3)．

桑谷幸正，1962：スズキを対象とする漁礁の綜合的研究．京都府水試報，8．

工藤晋二・通山正弘ほか，1969：土佐湾陸棚崖産の底魚の食性の研究．本誌，(2)．

岸田　達，1979：周防灘西部沿岸におけるスズキ（セイゴ）の体長別・季節別食性について．内海漁業研究会報．

近藤正人，1978：瀬戸内海における栄養塩類などの分布と季節変化．海と空，54（2～3）．

松原喜代松・落合　明・岩井　保，1965：魚類学(上・下)，恒星社厚生閣版．

村上彰男ほか，1976：瀬戸内海の海域生態と漁場，フジテクノシステム．

森慶一郎，1980：油谷湾における浮遊期・底生生活初期のマダイ生態．西水研報，(54)，59～78．

西沢　敏，1973：海洋低次生産力の動態．海洋科学．

———，1977：深海系への粒状有機物質輸送序説．海洋科学　2．

———，1977：海洋低次生産試論．海の生物群集の生産，畑中正吉教授退官記念誌．

西沢　敏ほか，1980：日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査，科学科術庁資源調査所．

農 林 省，1951～1978：農林省農林経済局統計情報部．漁業養殖生産統計年報．

農林水産技術会議，1980：資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究．研究成果，(129)．

日本水産資源保護協会，1980：水生生物生態資料．日水資保護協会．

大森迪夫，1979：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究 Ⅳ．西水研報，(52)，131～168.
阪本俊雄，1978：紀伊水道におけるタチウオの食性．内海漁業研究会報.
―――，1981：マダイ，タチウオ等内外海交流種に対する架橋の影響調査．本四架橋漁業影響調査報 29，日水資保護協会.
瀬戸内海水産開発協議会，1958・1963：瀬戸内海の水産統計資料，瀬戸内海漁業調整事務局.
高尾亀次，1964：瀬戸内海のカタクチイワシ *Engrauli japonica* (Houttuyn) の生態について，内水研刊行物C輯，(2)，1～50.
多々良薫，1981：内海・内湾漁業生物の生産力について―瀬戸内海漁業資源の生産力―．本誌，(13)，～ .
上田和夫，1972：水圏の富栄養化と水産増殖業．日本水産学会，水産学シリーズ，(1)，108～119.
宇野史郎，1980：日本近海における動物・植物プランクトンの現存量に関する調査(西沢敏・木部崎修ほか)，Ⅴ．瀬戸内海の植物及び動物プランクトンの現存量と生産力，科学技術庁資料.
山本護太郎，1977：底生生物群集，海の生物群集の生産，畑中正吉教授退官記念誌.
横田滝雄，1956：食糧からみた魚類の群集について.
―――，1960：魚種間の関係からみた魚類の生産．日水学会シンポ資料.
―――，1961：漁業生物学における community study の意義．水産科学 9 (1).
横田滝雄ほか，1961：魚類の食性に関する研究．南水研報 14，pp.234.

Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. (13) 135~169 (1981)

# 内海・内湾漁業生物の生産力について

## —瀬戸内海漁業資源の生産力—

(綜　述)

多々良　　薫

# Productivity of the Inshore Fishing Grounds

## Changes of Productivity in the Seto Inland Sea

(Review)

Kaoru TATARA

The Seto Inland Sea is the largest inshore fishing ground — about 19 × $10^3$ km² — in Japan. Annual production amounts to more than 400 × $10^3$ m.t. in the boat fishery and about 300 × $10^3$ m.t. in the aquaculture, totaling more than 38 m.t./km²/year. In the present paper, the fishery of the Seto Inland Sea is outlined initially.

The Seto Inland Sea includes eight fishing grounds which are connected by passages and channels. Although hundreds of islands and strong tidal currents create diverse environmental conditions, water is moderate and clam as a whole with the average depth of 30 meters and the annual range of water temperature is about 10°C to 25°C. Under these conditions, the area is the largest nursery ground along the Japanese Islands. More than 600 species of marine organisms including more than 100 commercial species are reported from this area. Those commercial species can be categorized into three ecological groups; (a) Spawner entering type (Spanish mackerel, Red sea bream, etc.) which enters the Inland Sea in their spawning season from the outer sea area, (b) Younger entering type (Mackerel, Horse mackerel, Kuruma prawn, etc.) which flows into the Inland Sea in their various stages of egg or juveniles and then extend its distribution to the outer sea area, and (c) Proper type (Sea bass, Sand lance, etc.) which stays in the Inland Sea throughout their life history.

As described above, the Inland Sea fishery resources consist of a large number of species, but the quantity of each species is very small. Only the catch amount of Anchovy exceeds 10% of the total production, Sand lance and Short necked clam attain 5%, while Red sea bream and Kuruma prawn are less than 0.7%. Reflecting these facts, fisheries business in this area is small and diverse. The small type fisheries were modernized and had become equipped with high powered boats during the period of high economic growth during the 1960s. As a result, fishing efforts intensified sharply, and total production increased by 1.7 times in that single decade. The increased demand for species with higher commercial values was particulary notable and this eventually caused depletion of the resources.

The 1960s also saw a tremendous growth in the aquaculture industry including of breeding of Yellowtail, Red sea bream and Kuruma prawn, and oyster and seaweed cultures. The improvements in technology allowed a larger scale cultivation possible and increased the productivity. The present day

1981年1月30日受理，南西海区水産研究所業績 第110号

aquaculture faces a dorp in the market demand for its products which seems to restrain the growth of the industry.

Water pollution and coastal reformation caused serious environmental problems in the 1960s. Industrialization and urbanization of the coastal land area induced the eutrophication. Thus, the primary production of the inshore water increased considerably. The appearance of red tide in various parts of fishing grounds then caused numerous problems to the fishing industry.

Productivity of the fishing grounds was very high as mentioned above, however, the productivity differed from one fishing ground to another. The inshore fishing ground with strong eutrophication seem to attain higher productivity. The relation between the water depth of fishing ground and the productivity showed clear relevance as shown in Figs. 7 & 8. In order to study these relations, the degree of inshoreness for each fishing ground was calculated by the following equation.

$$E = k/D \cdot T$$

where

E = degree of inshoreness
D = mean water depth of fishing ground in meter
T = transparency in meter
k = constant

The relations between the productivity and E were plotted, and the two curves showing changes in productivity per km² (Fig. 10) and another curve per km³ (Fig. 11) were drawn. These curves indicated that the productivities and the degrees of inshoreness are related.

It had been conjectured previously that the primary production of the sea increased by the eutrophication. The amount of primary production utilized through fishery during the period from 1951 to 1977 was estimated by the method presented in the separate paper: "Relation between the Primary Production and the Commercial Fishery Production in the Fishing Ground".

Using the figures derived from the above method, the historical changes of the relation between the amount of estimated consumption of primary production and the actual catch amount was then discussed.

Generally the relation seems to be a linear one (Fig. 12), excluding last three years (1975 - 1977). The total catch amount increased by 2.6 times during twenty five years since 1951, and the estimated consumption of primary production increased by 1.6 times in the same period. Figure 13 shows that the mean trophic level of the catch decreased accompanying the quantitative leveling up of the catch. The fish of the higher trophic level has, most case, higher commercial value. Then degrading of the trophic levels of the fish caught results a significant impact in the commercial fishery.

In the Seto Inland Sea, the catch amount could be increased up to the level of $600 \times 10^3$ m.t. However, at the same time, the mean trophic level should be lowered about 0.25. Therefore, it can be summerized that the utilization of primary production in the sea area is characterized by the fishery and the features of the fishery resources which are continually transformed by the change of fishery.

The recent three years of unprecedented growth in catch amount were derived from the effective catchings of the outbursted shellfishes and squids in the eutrophicated fishing grounds. The exploitation of these multiplying species became very important in recent years as a surplus catch. To make this surplus harvest a promising one, there should be a systematic coorporation between the scientific monitoring of resources and the management of commercial fisheries.

瀬戸内海は日本沿岸最大の浅海漁場である。その戦後30年に亘る漁獲物の推移を分析して，(1) この漁場の生産性（39トン/km²/年）が非常に高いこと，(2) 高度成長時代に漁獲量が1.7倍増したように内海・内湾漁場では獲り方次第で漁獲量を大巾に変えうること，(3) 漁獲の量的拡大は可能であっても同時に漁獲物の質的悪化が伴なうこと，しかし，(4) 量的拡大によって海域基礎生産の利用が大巾に高まって現在約3千万トン/km²/年に達していると推定されること，(5) そして現在1トンの漁獲を通して約60〜80トンの植物プランクトンを利用していること，などを明らかにした。

これらの分析を背景として，漁場の生物生産力を更に高めるためには，漁業生産活動のあり方に対する明確な政策を持ち，その目標に対して意識的な施策が必要であることを指摘している。更に近年多発している大量発生種の利用は，科学的な調査に基づく機動的な行政施策によって，現在の技術力でも充分利用拡大が可能であり，それが富栄養化した内海資源の有効利用を今後更に高める上で重要であるとの意見を述べている。

そもそもこの取り括めは，遠洋水産研究所長福田嘉男博士が，200海里水域漁獲拡大可能性検討会（1974年）において筆者に与えられた示唆によるものである。別報，「漁業による基礎生産の利用」と併せて，そのお薦めによることを記し，感謝の意を表します。

筆者は科学技術庁が資源調査所の海洋資源部会に設けた海洋生産力小委員会（1979〜1980年）のメムバーとして日本周辺海域の生産力に関する取り括めに参加した。この報告の一部は同小委員会における「内海・内湾生物の生産力」に関する検討で著者が担当した部分を綜述として括めたものである。

同小委員会では，部会長天野慶之博士，小委員長木部崎修博士をはじめ専門委員各位からご指導と検討，貴重な助言をいただきました，ここに厚くお礼申し上げます。特に遠洋水産研究所長崎福三博士には取り括めについて数々の助言とはげましをいただきました，お礼の言葉を申し述べます。また花岡資先生は取り括めに関する貴重な意見を寄せて下さいました。さらに南西海区水産研究所では上田和夫・石岡清英両技官をはじめ多くの方々が内容に関する討論に参加して下さいました。また所長桑谷幸正博士がこの報告を印刷発表する機会を与えて下さいました，これらの方々に厚くお礼申し上げます。

## 1. 瀬戸内海漁場及び漁業の特色

瀬戸内海は日本沿岸における内海・内湾漁場の典型である。ここではまず瀬戸内海漁場とその漁業の特色を要約する。

### 1) 多様な自然環境

内海・内湾漁場としては沿岸最大で年間約70万トン（1977年：海面漁業約41万トン，養殖業約29万トン）の水揚があり，日本沿岸生産の約¼を占めている。しかし漁場面積は約2万km² で我が国200カイリ水域約400万km² の約0.5%に過ぎない。漁場は地勢的に複雑で灘や多島海など，8つの漁場に区分され，極めて多様な環境をもつ平均水深約30mの浅海域である。
しかし，温暖で波静かな海域は幼魚の成育場としても沿岸小型漁船漁業の場としてもすぐれている。

### 2) 瀬戸内海における海域区分

瀬戸内海は Fig.1 に示したように東の紀伊水道から周防灘まで，東西約445㎞，南北は18〜55㎞で，東西に長い水路とも云える内湾である。外海へは紀伊水道と速吸瀬戸で太平洋と，また関門海峡で響灘に通じている。関門海峡は狭くて浅いため外海との水の交換や漁業資源の交流は主として太平洋側の2つの水道によると見て良い（関門海峡による水の交換は速吸瀬戸の約200分の1）。これらの開口部では表層を内海性低鹹水が外海側へ，底層を外海性高鹹水が内海側へ輸送される。外海水の影響の強弱は黒潮流軸の離接岸に支配され，接岸による強い分枝流が形成されれば影響は強まる。




Fig. 1 Fishing grounds of the Seto Inland Sea.

Table 1. Areas, volume and mean depths of fishing ground in the Seto Inland Sea. (Ministry of Construction, 1975)

| Fishing ground | Area km² | % | Mean Depth m | Volume km³ | % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Kii-Channel | 1, 554 | 8. 3 | 56. 0 | 87. 0 | 14. 3 |
| 2 Osaka-Bay | 1, 529 | 8. 2 | 27. 5 | 41. 8 | 6. 9 |
| 3 Harima-Nada | 3, 426 | 18. 4 | 25. 6 | 88. 7 | 14. 6 |
| 4 Bisan-Seto | 916 | 4. 9 | 13. 9 | 12. 7 | 2. 1 |
| (East Total) | (7, 425) | (39. 8) | (30. 9) | (230. 2) | (37. 9) |
| 5 Hiuchi-Nada[1)] | 2, 250 | 12. 1 | 16. 7 | 38. 0 | 6. 3 |
| 6 Aki-Nada[2)] | 1, 909 | 10. 2 | 26. 8 | 51. 2 | 8. 4 |
| 7 Iyo-Nada[3)] | 3, 974 | 21. 3 | 53. 7 | 213. 6 | 35. 2 |
| 8 Suho-Nada | 3, 100 | 16. 6 | 23. 7 | 73. 6 | 12. 1 |
| (West Total) | (11, 233) | (60. 2) | (33. 4) | (376. 4) | (62. 1) |
| Total | 18, 685 | 100 | 32. 6 | 606. 6 | 100 |

1) : Including Bingo-Nada and Geiyo-Channel
2) : Including Aki-Nada and Hiroshima Bay
3) : Including Beppu Bay

・瀬戸内海では干満の差が大きい（平均潮差は東部が1～3 m，西部は3～4 m）ため強い潮汐流があり，海況を特色づける。特に多島海域では所謂瀬戸となり，強い流れと底質によって，生物資源や漁業に影響を与える。西側豊後水道から流入する潮汐流の影響範囲は内海西部から備讃瀬戸西部まで，また紀伊水道からの潮汐流は主として大阪湾明石海峡を通り，一部鳴門海峡を通って備讃瀬戸中部にまで，それぞれ達するのが平常とされる。

瀬戸内海は地勢によって灘や瀬戸に区分されるが漁業の操業もこの区分と対応しているので，漁獲統計も Fig. 1 の8区分によって集計されている。

各灘の面積・平均水深および容積の概数を Table 1 に示した。全域の平均水深は32.6mであるが，紀伊水道・伊予灘を除くと約23mとなる。

### 3） 小規模多数種資源

内海・内湾資源の特色の一つはその多様さである。複雑多岐な自然環境は質的に環境収容力が高い。そのため比較的狭いこの浅海に600種以上の魚介類が棲み，そのうち約100種類が漁業の対象となっている。狭いと云っても日本沿岸では最も広い浅海域で，高い生物生産力を背景にして，各種資源の再生産水域となっている。サワラやマダイ等の「産卵入り込み種」は産卵期に親魚が外海から入り込みブリやアナゴ等の「幼期入り込み種」は外海で発生し幼稚魚期に内海に流入する。これら入り込み種の幼稚魚は，豊かな環境の中で生育した後，生活域を外海にまで拡げる種類である。その他にスズキ・クロダイ・カレイ・ヒラメ類や多くの魚介類はもっと移動範囲が狭く，「内海固有種」と呼ぶべきものである。

内海・内湾資源の第2の特色は資源の規模がいずれの種も小さいことである。約100種に及ぶ漁業資源はいずれも小規模で，総漁獲量の10％以上を占める単一種はカタクチイワシの外はなく，イカナゴ，アサリが約5～6％で，その他のマダイ・クルマエビなど重要種はほとんど0.7％以下を占めるに過ぎない(Table 2)。

### 4） 小規模漁業

このように小規模かつ多数種資源を利用する漁業は多様とならざるを得ないが，複雑な地形的制約や，11府県の漁船が操業する漁場の制度的制約は，益々零細多岐な漁業形態をもたらしている。しかし戦後以来漁船や漁業機械の技術革新の中で近代化が急速に進められ，漁獲に占める無動力船の割合は22.5％（1953年）から1.1％（1977年）に減少した。このように近代化した漁具漁法を活用する漁業から，機械力では利用しきれない環境や小規模資源を小廻りの利く零細漁業で利用する採捕手段まで，漁業はますます多様化してきている。多様な漁具・漁法を使い「あの手この手」で漁獲する内海・内湾漁業の資源利用度は近年特に高くなったものと見て良い。そのためイワシ類など一部の多獲性種を除く中・高級種では特に徹底した利用が進み，年々の漁獲量が資源の推移を指標すると見て良い場合が多くなっている。

### 5） 社会経済的条件と中・高級種指向

沿岸の地域開発に伴なう都市化によって，水産物に対する需要は年々多様化と高級化が進んできた。イワシ類などの資源は内海・内湾でも需要減退のため充分利用されなくなったが，中・高級種に対する強い需要はこれらの資源に対して強い漁獲圧力をかける結果となっている。そのため中・高級種資源のうち再生産力が比較的強いと見られる浮魚類を除いて，過剰漁獲による資源状態の悪化が著しい。資源の悪化は過剰漁獲だけが原因ではなく，内海・内湾沿岸域の工業化・都市化による海域環境の汚染にも害を受けている場合がある。

## 2. 海面漁業の漁獲量と統計

### 1） 灘別統計と分析した年代の位置づけ

瀬戸内海の漁業統計は近年きめ細かな灘別統計表が中四国農政局によって整備されている。その内容は灘別に (i)生産構造（階層別・経営体数等）

Table 2. Catch amount by species and by fishing ground (Boat fishery 1977).

| | Species \ Fishing ground No. | | Kii 1 | Osaka 2 | Harima 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | マイワシ | Sardine | 2,888 | 19,930 | 331 |
| 2 | カタクチ | Anchovy | 6,262 | 17,916 | 22,385 |
| 3 | シラス | Shirasu (Anchovy larvae) | 5,696 | 3,337 | 1,329 |
| 4 | アジ類 | Horse mackerels | 1,939 | 405 | 1,880 |
| 5 | サバ類 | Mackelels | 1,827 | 1,175 | 237 |
| 6 | ブリ | Yellow tail | 193 | 21 | 115 |
| 7 | ヒラメ | Bastard halibut | 38 | 6 | 19 |
| 8 | メイタ | Fine spotted flounder | 116 | 162 | 601 |
| 9 | 他のカレイ・ヒラメ | Other flat fishes | 378 | 796 | 2,029 |
| 10 | サメ類 | Sharks | 27 | 54 | 4 |
| 11 | ニベ・グチ類 | Croakers | 149 | 497 | 272 |
| 12 | エソ類 | Lizard fishes | 1,892 | 165 | 218 |
| 13 | ハモ | Eel (*Muraenesox cinereus*) | 296 | 41 | 18 |
| 14 | タチウオ | Ribon fish | 4,231 | 68 | 154 |
| 15 | イボダイ | Butter fish | 3 | 1 | — |
| 16 | エイ類 | Skates | 19 | 29 | 14 |
| 17 | マダイ | Red sea bream | 240 | 93 | 74 |
| 18 | クロダイ | Black sea bream | 90 | 30 | 365 |
| 19 | サワラ | Sawara (*Scomberomorus*) | 281 | 132 | 529 |
| 20 | ボラ類 | Mullets | 124 | 348 | 810 |
| 21 | スズキ | Sea bass | 128 | 708 | 751 |
| 22 | イカナゴ | Sand lance | 1,636 | 3,646 | 15,022 |
| 23 | アナゴ | Eel (*Astroconger*) | 238 | 1,024 | 1,204 |
| 24 | コノシロ | Gizzard shad | 269 | 517 | 2,377 |
| 25 | カサゴ・メバル | Rock fishes (*Sebastes*) | 138 | 178 | 616 |
| 26 | 他の魚 | Other fishes | 6,700 | 2,332 | 4,431 |
| 27 | コウイカ | Sepia (Cuttle fish) | 4,320 | 227 | 1,101 |
| 28 | 他のイカ | Other Squids | 239 | 177 | 994 |
| 29 | タコ類 | Octopuses | 431 | 528 | 1,892 |
| 30 | クルマエビ | Kuruma prawn | 142 | 112 | 171 |
| 31 | 他のエビ | Other shrimps | 1,573 | 1,376 | 2,495 |
| 32 | ガザミ | Blue crab | 153 | 61 | 163 |
| 33 | 他のカニ | Other crabs | 118 | 38 | 183 |
| 34 | ウニ | Sea urchins | 46 | — | 1 |
| 35 | ナマコ | Sea cucumbers | 117 | 43 | 617 |
| 36 | シャコ | Mantis shrimps | 126 | 669 | 1,980 |
| 37 | エムシ類 | Polycheatas | — | 3 | 22 |
| 38 | 他の水動 | Other benthos | 4,260 | — | 14 |
| 39 | アワビ | Abalone | 114 | 29 | 10 |
| 40 | サザエ | Turbo | 150 | 4 | 87 |
| 41 | ハマグリ | Clam | 13 | — | 32 |
| 42 | アサリ | Short necked clam | 17 | 1 | 352 |
| 43 | モガイ | Ark shells | 7 | 25 | — |
| 44 | タイラギ | Pen shells | — | — | 111 |
| 45 | 他の貝 | Other shell fishes | 195 | 62 | 792 |
| 46 | ワカメ | Wakame sea weed | 145 | 28 | 150 |
| 47 | 他の草類 | Other sea weeds | 1,026 | 98 | 2,313 |
| | SUB-T | | 48,990 | 57,092 | 69,265 |
| | % | | 12.1 | 14.1 | 17.1 |

| Bisan 4 | Hiuchi 5 | Aki 6 | Iyo 7 | Suho 8 | Total | % | Serial No. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — | — | — | 152 | — | 23,301 | 5.7 | 6 |
| 213 | 42,879 | 8,251 | 8,964 | 134 | 107,004 | 26.4 | 1 |
| — | — | 181 | 986 | — | 11,529 | 2.8 | 9 |
| 6 | 230 | 145 | 297 | 29 | 4,931 | 1.2 | 18 |
| 1 | 10 | 44 | 89 | — | 3,383 | 0.8 | 24 |
| 10 | 33 | 13 | 54 | 1 | 440 | 0.1 | 39 |
| 43 | 158 | 10 | 85 | 14 | 373 | 0.1 | 39 |
| 442 | 594 | 305 | 423 | 248 | 2,891 | 0.7 | 26 |
| 1,221 | 1,460 | 534 | 1,366 | 2,436 | 10,220 | 2.5 | 10 |
| — | 105 | 7 | 60 | 2 | 259 | 0.1 | 39 |
| 3,665 | 810 | 281 | 357 | 310 | 6,341 | 1.6 | 12 |
| 27 | 1,461 | 226 | 800 | 330 | 5,119 | 1.3 | 16 |
| — | 17 | 9 | 36 | 1 | 418 | 0.1 | 39 |
| — | 458 | 408 | 774 | 18 | 6,111 | 1.5 | 13 |
| — | — | — | — | — | 4 | 0.0 | 44 |
| 7 | 108 | 23 | 79 | 87 | 366 | 0.1 | 39 |
| 23 | 1,418 | 502 | 594 | 16 | 2,960 | 0.7 | 26 |
| 486 | 785 | 260 | 183 | 573 | 2,772 | 0.7 | 26 |
| 177 | 1,024 | 137 | 474 | 259 | 3,013 | 0.7 | 26 |
| 286 | 691 | 288 | 939 | 1,488 | 4,974 | 1.2 | 18 |
| 306 | 430 | 117 | 283 | 676 | 3,399 | 0.8 | 24 |
| 3,412 | 728 | 4 | — | — | 24,448 | 6.0 | 4 |
| 580 | 1,116 | 492 | 365 | 814 | 5,833 | 1.4 | 15 |
| 319 | 524 | 392 | 399 | 552 | 5,349 | 1.3 | 16 |
| 410 | 747 | 219 | 323 | 353 | 2,984 | 0.7 | 26 |
| 3,051 | 5,105 | 2,383 | 8,349 | 5,719 | 38,070 | 9.4 | 2 |
| 571 | 4,536 | 480 | 3,448 | 797 | 15,480 | 3.8 | 8 |
| 101 | 541 | 45 | 2,115 | 289 | 4,501 | 1.1 | 22 |
| 621 | 837 | 641 | 795 | 1,157 | 6,902 | 1.7 | 11 |
| 35 | 52 | 24 | 189 | 257 | 982 | 0.2 | 36 |
| 1,129 | 3,519 | 1,487 | 4,920 | 4,028 | 20,527 | 5.1 | 7 |
| 48 | 426 | 48 | 2 | 6 | 907 | 0.2 | 36 |
| 548 | 193 | 32 | 89 | 340 | 1,541 | 0.4 | 32 |
| 8 | 252 | 34 | 413 | 24 | 778 | 0.2 | 36 |
| 97 | 476 | 1,661 | 1,044 | 840 | 4,895 | 1.2 | 18 |
| 582 | 1,523 | 160 | 88 | 816 | 5,944 | 1.5 | 13 |
| 7 | 29 | 17 | — | 35 | 113 | 0.0 | 44 |
| 11 | — | — | — | 32 | 4,317 | 1.1 | 22 |
| — | 4 | 19 | 115 | 3 | 294 | 0.0 | 44 |
| 28 | 373 | 56 | 282 | 213 | 1,193 | 0.3 | 34 |
| — | — | — | — | 83 | 128 | 0.0 | 44 |
| 103 | 1,798 | 1,003 | 637 | 22,846 | 26,757 | 6.6 | 3 |
| 1,301 | — | — | — | 192 | 1,525 | 0.4 | 32 |
| 1,297 | — | — | 162 | 485 | 2,055 | 0.5 | 31 |
| 2,174 | 5,892 | 3,040 | 2,224 | 9,946 | 24,325 | 6.0 | 4 |
| 467 | 200 | 24 | 93 | 52 | 1,159 | 0.3 | 34 |
| 2 | 325 | 290 | 602 | 191 | 4,847 | 1.2 | 18 |
| 23,815 | 81,867 | 24,292 | 43,649 | 56,692 | 405,662 | 100.0 | |
| 5.9 | 20.1 | 6.0 | 10.8 | 14.0 | 100.0 | | |

(ii)生産量（漁業種類別努力量，魚種別漁獲量等）

(iii)生産額（県別・魚種別生産額）

が収録されている。しかし，この統計が利用できるのは1964年以後である。1963年と1958年については水産庁瀬戸内海漁業調整事務局（現同事務所）が公表した瀬戸内海の水産統計資料が1964年以後と同様な灘別統計を含んでいる。ここで使用した統計資料は上記の1958年および1963年～1977年の統計である。

また，後の検討で使用する瀬戸内海を東部・西部に2分した統計は，1951年以後の農林統計を加工することで利用が可能であった。これは県別統計を東西に分けて集計するが，香川県の資料だけは県統計を備讃瀬戸（東部）と燧灘（西部）に振り分けた。

灘別統計が利用できる時期は高度成長期に漁獲量が急増した富栄養化時代前期と，その後漁獲量の増加が見られなくなった富栄養化時代後期とした時代である。また1958年は富栄養化時代以前の時期に対応している。

**2) 漁獲量の推移**

戦前以来の瀬戸内海における漁獲量の推移を見ると，Fig. 2に示すように，段階的に漁獲量が増加してきている。この漁獲量にみる漁業の推移によって図中に書き入れたように漁業の時代区分を行なった。またTable 3 および Table 4（「漁業による基礎生産の利用」1981，多々良参照）には灘別漁獲量を生物生産系別に整理したが，

(i) 1958年は総漁獲量が約25万トンに安定していた時期，

(ii) 1963年～1969年は年々急激に増加した時期，

(iii) 1970年～1977年は約40万トンの水準で比較的変動の大きかった時期，にそれぞれ対応している。この約20年間の最高漁獲は約43.6万トン（1972年）最低は24.4万トン（1958年）であった。Table 3 には1958年の漁獲量を100とした場合の年々の漁獲量指数も灘別，東西別および内海全域について計算している。

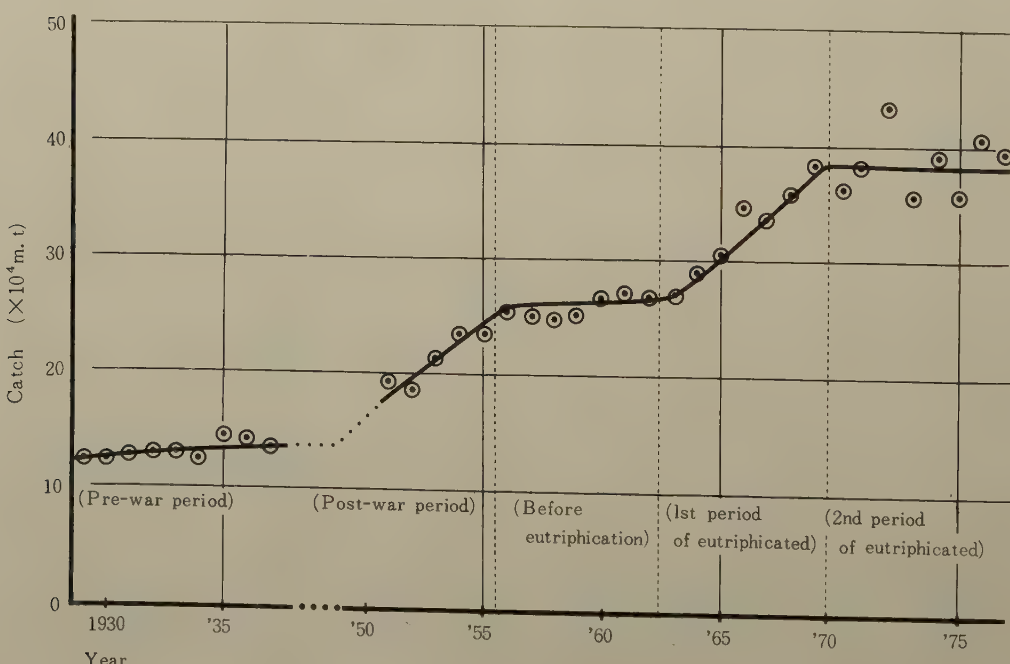



Fig. 2 Change of catch amount by boat fishery in the Seto Inland Sea.

Table 3. Catch amount of boat-fishery by year, by fishing ground and by bio-production series (unit: m. t). Small numerals are the ratios of each value to the value of 1958 in %.

| Bio-production series | Year / Fishing ground | 1958 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fish-feeding series | 1 Kii | 21,267 $_{100}$ | 17,077 $_{80}$ | 14,737 $_{69}$ | 19,328 $_{91}$ | 19,199 $_{90}$ | 24,564 $_{116}$ | 23,261 $_{109}$ |
| | 2 Osaka | 29,406 $_{100}$ | 41,701 $_{142}$ | 28,543 $_{97}$ | 41,504 $_{141}$ | 42,955 $_{146}$ | 42,477 $_{144}$ | 38,530 $_{131}$ |
| | 3 Harima | 29,260 $_{100}$ | 28,222 $_{96}$ | 31,499 $_{108}$ | 49,659 $_{170}$ | 38,656 $_{132}$ | 46,472 $_{159}$ | 63,680 $_{218}$ |
| | 4 Bisan | 4,647 $_{100}$ | 4,745 $_{102}$ | 6,100 $_{131}$ | 5,023 $_{108}$ | 7,350 $_{158}$ | 7,928 $_{171}$ | 6,878 $_{148}$ |
| | (East) | 84,580 $_{100}$ | 91,745 $_{108}$ | 80,879 $_{96}$ | 115,514 $_{137}$ | 108,160 $_{128}$ | 121,441 $_{144}$ | 132,349 $_{156}$ |
| | 5 Hiuchi | 18,229 $_{100}$ | 13,220 $_{73}$ | 15,599 $_{86}$ | 14,076 $_{77}$ | 25,907 $_{142}$ | 20,837 $_{114}$ | 28,198 $_{155}$ |
| | 6 Aki | 9,881 $_{100}$ | 7,174 $_{73}$ | 5,673 $_{57}$ | 6,031 $_{61}$ | 6,018 $_{61}$ | 5,663 $_{57}$ | 6,063 $_{61}$ |
| | 7 Iyo | 8,696 $_{100}$ | 8,403 $_{97}$ | 13,097 $_{151}$ | 9,872 $_{114}$ | 9,520 $_{109}$ | 12,938 $_{149}$ | 17,031 $_{196}$ |
| | 8 Suho | 4,130 $_{100}$ | 4,680 $_{113}$ | 5,348 $_{129}$ | 3,682 $_{89}$ | 3,412 $_{83}$ | 4,165 $_{101}$ | 3,574 $_{87}$ |
| | (West) | 40,936 $_{100}$ | 33,477 $_{82}$ | 39,717 $_{97}$ | 33,661 $_{82}$ | 44,857 $_{110}$ | 43,603 $_{107}$ | 54,866 $_{134}$ |
| | Total | 125,514 $_{100}$ | 125,220 $_{100}$ | 120,595 $_{96}$ | 149,174 $_{119}$ | 153,016 $_{122}$ | 165,041 $_{131}$ | 187,213 $_{149}$ |
| Benthos-feeding series | 1 Kii | 11,125 $_{100}$ | 10,783 $_{97}$ | 7,334 $_{66}$ | 8,798 $_{79}$ | 12,162 $_{109}$ | 11,305 $_{102}$ | 13,555 $_{122}$ |
| | 2 Osaka | 15,473 $_{100}$ | 13,720 $_{89}$ | 26,500 $_{171}$ | 16,545 $_{107}$ | 13,164 $_{85}$ | 18,381 $_{119}$ | 11,781 $_{76}$ |
| | 3 Harima | 17,156 $_{100}$ | 17,645 $_{103}$ | 21,353 $_{124}$ | 19,858 $_{116}$ | 20,934 $_{122}$ | 22,856 $_{133}$ | 20,121 $_{117}$ |
| | 4 Bisan | 13,380 $_{100}$ | 16,829 $_{126}$ | 23,007 $_{172}$ | 18,785 $_{140}$ | 15,941 $_{119}$ | 19,610 $_{147}$ | 17,708 $_{132}$ |
| | (East) | 57,134 $_{100}$ | 58,977 $_{103}$ | 78,194 $_{137}$ | 63,986 $_{112}$ | 62,201 $_{109}$ | 72,152 $_{126}$ | 63,165 $_{111}$ |
| | 5 Hiuchi | 19,681 $_{100}$ | 27,962 $_{142}$ | 32,094 $_{163}$ | 24,396 $_{124}$ | 25,448 $_{129}$ | 25,704 $_{131}$ | 23,087 $_{117}$ |
| | 6 Aki | 8,649 $_{100}$ | 10,062 $_{116}$ | 14,013 $_{162}$ | 17,598 $_{203}$ | 20,073 $_{232}$ | 22,230 $_{257}$ | 19,151 $_{221}$ |
| | 7 Iyo | 8,554 $_{100}$ | 11,991 $_{140}$ | 15,117 $_{177}$ | 14,653 $_{171}$ | 17,746 $_{207}$ | 15,939 $_{186}$ | 13,338 $_{156}$ |
| | 8 Suho | 24,093 $_{100}$ | 26,710 $_{111}$ | 29,419 $_{122}$ | 31,281 $_{130}$ | 38,804 $_{161}$ | 33,648 $_{140}$ | 42,692 $_{177}$ |
| | (West) | 60,977 $_{100}$ | 76,725 $_{126}$ | 90,643 $_{149}$ | 87,928 $_{144}$ | 102,071 $_{167}$ | 97,521 $_{160}$ | 98,268 $_{161}$ |
| | Total | 118,109 $_{100}$ | 135,700 $_{115}$ | 168,836 $_{143}$ | 151,913 $_{129}$ | 164,271 $_{139}$ | 169,670 $_{144}$ | 161,431 $_{137}$ |
| Total | 1 Kii | 32,391 $_{100}$ | 27,859 $_{86}$ | 22,071 $_{68}$ | 28,126 $_{87}$ | 31,361 $_{97}$ | 35,868 $_{111}$ | 36,815 $_{114}$ |
| | 2 Osaka | 44,879 $_{100}$ | 55,420 $_{123}$ | 55,043 $_{123}$ | 58,049 $_{129}$ | 56,119 $_{125}$ | 60,858 $_{136}$ | 50,311 $_{112}$ |
| | 3 Harima | 46,415 $_{100}$ | 45,866 $_{99}$ | 52,852 $_{114}$ | 69,517 $_{150}$ | 59,589 $_{128}$ | 69,327 $_{149}$ | 83,801 $_{181}$ |
| | 4 Bisan | 18,026 $_{100}$ | 21,574 $_{120}$ | 29,106 $_{161}$ | 23,808 $_{132}$ | 23,290 $_{129}$ | 27,537 $_{153}$ | 24,585 $_{136}$ |
| | (East) | 141,711 $_{100}$ | 150,719 $_{106}$ | 159,072 $_{112}$ | 179,500 $_{127}$ | 170,359 $_{120}$ | 193,590 $_{137}$ | 195,512 $_{138}$ |
| | 5 Hiuchi | 37,909 $_{100}$ | 41,182 $_{109}$ | 47,693 $_{126}$ | 38,471 $_{101}$ | 51,355 $_{135}$ | 46,540 $_{123}$ | 51,285 $_{135}$ |
| | 6 Aki | 18,530 $_{100}$ | 17,235 $_{93}$ | 19,685 $_{106}$ | 23,628 $_{128}$ | 26,091 $_{141}$ | 27,892 $_{151}$ | 25,213 $_{136}$ |
| | 7 Iyo | 17,250 $_{100}$ | 20,394 $_{118}$ | 28,214 $_{164}$ | 24,525 $_{142}$ | 27,266 $_{158}$ | 28,876 $_{167}$ | 30,369 $_{176}$ |
| | 8 Suho | 28,222 $_{100}$ | 31,389 $_{111}$ | 34,767 $_{123}$ | 34,963 $_{124}$ | 42,215 $_{150}$ | 37,813 $_{134}$ | 46,265 $_{164}$ |
| | (West) | 101,911 $_{100}$ | 110,200 $_{108}$ | 130,359 $_{128}$ | 121,587 $_{119}$ | 146,927 $_{144}$ | 141,121 $_{138}$ | 153,132 $_{150}$ |
| | Total | 243,622 $_{100}$ | 260,919 $_{107}$ | 289,431 $_{119}$ | 301,087 $_{124}$ | 317,286 $_{130}$ | 334,711 $_{137}$ | 348,644 $_{143}$ |

| | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20,755 $_{98}$ | 22,498 $_{106}$ | 24,736 $_{116}$ | 26,685 $_{125}$ | 26,084 $_{123}$ | 29,851 $_{140}$ | 35,752 $_{168}$ | 30,568 $_{144}$ | 29,103 $_{137}$ |
| | 52,806 $_{180}$ | 43,122 $_{147}$ | 45,346 $_{154}$ | 33,772 $_{115}$ | 42,120 $_{143}$ | 50,707 $_{172}$ | 47,679 $_{162}$ | 62,312 $_{212}$ | 49,222 $_{167}$ |
| | 55,532 $_{190}$ | 66,840 $_{228}$ | 54,303 $_{186}$ | 47,852 $_{164}$ | 41,208 $_{141}$ | 44,891 $_{153}$ | 40,912 $_{140}$ | 56,159 $_{192}$ | 48,717 $_{166}$ |
| | 6,013 $_{129}$ | 6,252 $_{135}$ | 12,749 $_{274}$ | 10,587 $_{228}$ | 9,490 $_{204}$ | 17,049 $_{367}$ | 7,040 $_{151}$ | 13,335 $_{287}$ | 6,274 $_{135}$ |
| | 135,106 $_{160}$ | 138,712 $_{164}$ | 137,134 $_{162}$ | 118,896 $_{141}$ | 118,902 $_{141}$ | 142,498 $_{168}$ | 131,383 $_{155}$ | 162,374 $_{192}$ | 133,316 $_{158}$ |
| | 25,046 $_{137}$ | 24,502 $_{134}$ | 26,057 $_{143}$ | 52,660 $_{289}$ | 36,534 $_{200}$ | 33,423 $_{183}$ | 40,859 $_{224}$ | 48,064 $_{264}$ | 50,521 $_{277}$ |
| | 5,547 $_{56}$ | 5,786 $_{59}$ | 5,403 $_{55}$ | 5,587 $_{57}$ | 6,311 $_{64}$ | 7,641 $_{77}$ | 8,265 $_{84}$ | 11,336 $_{115}$ | 11,073 $_{112}$ |
| | 18,294 $_{210}$ | 22,922 $_{264}$ | 21,105 $_{243}$ | 17,298 $_{199}$ | 12,651 $_{145}$ | 11,042 $_{127}$ | 13,642 $_{157}$ | 14,180 $_{163}$ | 17,492 $_{201}$ |
| | 3,395 $_{82}$ | 3,221 $_{78}$ | 3,384 $_{82}$ | 3,875 $_{94}$ | 3,895 $_{94}$ | 6,250 $_{151}$ | 3,909 $_{95}$ | 4,273 $_{103}$ | 4,985 $_{121}$ |
| | 52,282 $_{128}$ | 56,431 $_{138}$ | 55,949 $_{137}$ | 79,420 $_{194}$ | 59,391 $_{145}$ | 58,356 $_{143}$ | 66,675 $_{163}$ | 77,853 $_{190}$ | 84,071 $_{205}$ |
| | **187,386 $_{149}$** | **195,142 $_{155}$** | **193,081 $_{154}$** | **198,315 $_{158}$** | **178,291 $_{142}$** | **200,852 $_{160}$** | **198,055 $_{158}$** | **240,227 $_{191}$** | **217,387 $_{173}$** |
| | 19,408 $_{174}$ | 16,832 $_{151}$ | 15,960 $_{143}$ | 18,409 $_{165}$ | 15,421 $_{139}$ | 18,584 $_{167}$ | 20,020 $_{180}$ | 21,095 $_{190}$ | 19,887 $_{179}$ |
| | 10,721 $_{69}$ | 9,217 $_{60}$ | 10,511 $_{68}$ | 12,120 $_{78}$ | 7,363 $_{48}$ | 11,841 $_{77}$ | 7,509 $_{49}$ | 10,554 $_{68}$ | 7,870 $_{51}$ |
| | 23,711 $_{138}$ | 20,641 $_{120}$ | 20,802 $_{121}$ | 21,648 $_{126}$ | 21,189 $_{124}$ | 24,255 $_{141}$ | 21,417 $_{125}$ | 20,936 $_{122}$ | 20,548 $_{120}$ |
| | 18,110 $_{135}$ | 22,258 $_{166}$ | 20,915 $_{156}$ | 19,686 $_{147}$ | 16,935 $_{127}$ | 20,496 $_{153}$ | 17,171 $_{128}$ | 15,564 $_{116}$ | 17,541 $_{131}$ |
| | 71,950 $_{126}$ | 68,948 $_{121}$ | 68,188 $_{119}$ | 71,863 $_{126}$ | 60,908 $_{107}$ | 75,176 $_{132}$ | 66,117 $_{116}$ | 68,149 $_{119}$ | 65,846 $_{115}$ |
| | 39,050 $_{198}$ | 32,438 $_{165}$ | 27,597 $_{140}$ | 26,260 $_{133}$ | 23,304 $_{118}$ | 31,777 $_{161}$ | 28,557 $_{145}$ | 33,851 $_{172}$ | 31,346 $_{159}$ |
| | 17,991 $_{208}$ | 16,806 $_{194}$ | 15,599 $_{180}$ | 17,796 $_{206}$ | 15,676 $_{181}$ | 15,840 $_{183}$ | 13,268 $_{153}$ | 14,407 $_{167}$ | 13,220 $_{153}$ |
| | 11,976 $_{140}$ | 13,369 $_{156}$ | 14,861 $_{174}$ | 20,104 $_{235}$ | 17,923 $_{210}$ | 21,390 $_{250}$ | 23,361 $_{273}$ | 26,800 $_{313}$ | 26,157 $_{306}$ |
| | 52,497 $_{218}$ | 47,292 $_{196}$ | 59,925 $_{249}$ | 101,757 $_{422}$ | 69,440 $_{288}$ | 58,377 $_{242}$ | 45,672 $_{190}$ | 37,391 $_{155}$ | 51,707 $_{215}$ |
| | 121,514 $_{199}$ | 109,905 $_{180}$ | 117,982 $_{193}$ | 165,917 $_{272}$ | 126,343 $_{207}$ | 127,384 $_{209}$ | 110,858 $_{182}$ | 112,449 $_{184}$ | 122,430 $_{201}$ |
| | **193,462 $_{164}$** | **178,852 $_{151}$** | **186,168 $_{158}$** | **237,779 $_{201}$** | **187,249 $_{159}$** | **202,558 $_{172}$** | **176,972 $_{150}$** | **180,598 $_{153}$** | **188,276 $_{159}$** |
| | 40,162 $_{124}$ | 39,330 $_{121}$ | 40,695 $_{126}$ | 45,094 $_{139}$ | 41,505 $_{128}$ | 48,435 $_{150}$ | 55,771 $_{172}$ | 51,662 $_{159}$ | 48,990 $_{151}$ |
| | 63,526 $_{142}$ | 52,338 $_{117}$ | 55,856 $_{124}$ | 45,892 $_{102}$ | 49,482 $_{110}$ | 62,547 $_{139}$ | 55,188 $_{123}$ | 72,866 $_{162}$ | 57,092 $_{127}$ |
| | 79,243 $_{171}$ | 87,481 $_{188}$ | 75,105 $_{162}$ | 69,500 $_{150}$ | 62,397 $_{134}$ | 69,146 $_{149}$ | 62,328 $_{134}$ | 77,095 $_{166}$ | 69,265 $_{149}$ |
| | 24,122 $_{134}$ | 28,510 $_{158}$ | 33,663 $_{187}$ | 30,273 $_{168}$ | 26,424 $_{147}$ | 37,544 $_{208}$ | 24,210 $_{134}$ | 28,899 $_{160}$ | 23,815 $_{132}$ |
| | 207,053 $_{146}$ | 207,659 $_{147}$ | 205,319 $_{145}$ | 190,759 $_{135}$ | 179,808 $_{127}$ | 217,672 $_{154}$ | 197,497 $_{139}$ | 230,522 $_{163}$ | 199,162 $_{141}$ |
| | 64,095 $_{169}$ | 56,939 $_{150}$ | 53,654 $_{142}$ | 78,919 $_{208}$ | 59,838 $_{158}$ | 65,200 $_{172}$ | 69,415 $_{183}$ | 81,915 $_{216}$ | 81,867 $_{216}$ |
| | 23,538 $_{127}$ | 22,592 $_{122}$ | 21,002 $_{113}$ | 23,382 $_{126}$ | 21,986 $_{119}$ | 23,481 $_{127}$ | 21,532 $_{116}$ | 25,743 $_{139}$ | 24,292 $_{131}$ |
| | 30,270 $_{175}$ | 36,290 $_{210}$ | 35,966 $_{208}$ | 37,401 $_{217}$ | 30,573 $_{177}$ | 32,431 $_{188}$ | 37,003 $_{215}$ | 40,980 $_{238}$ | 43,649 $_{253}$ |
| | 55,892 $_{198}$ | 50,513 $_{179}$ | 63,308 $_{224}$ | 105,632 $_{374}$ | 73,334 $_{260}$ | 64,626 $_{229}$ | 49,580 $_{176}$ | 41,664 $_{148}$ | 56,692 $_{201}$ |
| | 173,795 $_{171}$ | 166,334 $_{163}$ | 173,930 $_{171}$ | 245,334 $_{241}$ | 185,731 $_{182}$ | 185,738 $_{182}$ | 177,530 $_{174}$ | 190,302 $_{187}$ | 206,500 $_{203}$ |
| | **380,848 $_{156}$** | **373,993 $_{154}$** | **379,249 $_{156}$** | **436,093 $_{179}$** | **365,539 $_{150}$** | **403,410 $_{166}$** | **375,027 $_{154}$** | **420,824 $_{173}$** | **405,662 $_{167}$** |

Table 4. Catch amounts and its statistical values in the periods of years by fishing ground and by bio-production series (unit: m. t.).

| Bio-production series | Year / Fishing ground | 1958 | 1963—1969[2)] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | max | min | x | S. D | C. V(%) | max |
| Fish-feeding series | 1 Kii | 21, 267 | 24, 564 | 14, 737 | 19, 846 | 3, 396 | 17. 1 | 35, 752 |
| | 2 Osaka | 29, 406 | 52, 806 | 28, 543 | 41, 217 | 7, 154 | 17. 4 | 62, 312 |
| | 3 Harima | 29, 260 | 63, 680 | 28, 222 | 44, 817 | 12, 829 | 28. 6 | 66, 840 |
| | 4 Bisan | 4, 647 | 7, 928 | 4, 745 | 6, 291 | 1, 173 | 18. 6 | 17, 049 |
| | 5 Hiuchi | 18, 229 | 28, 198 | 13, 220 | 20, 412 | 6, 158 | 30. 2 | 52, 660 |
| | 6 Aki | 9, 881 | 7, 174 | 5, 547 | 6, 024 | 549 | 9. 1 | 11, 336 |
| | 7 Iyo | 8, 696 | 18, 294 | 8, 403 | 12, 736 | 3, 804 | 29. 9 | 22, 922 |
| | 8 Suho | 4, 130 | 5, 348 | 3, 395 | 4, 037 | 741 | 18. 3 | 6, 250 |
| | Total | 125, 514 | 187, 386 | 120, 595 | 155, 378 | 26, 754 | 17. 2 | 240, 227 |
| Benthos-feeding series | 1 Kii | 11, 125 | 19, 408 | 7, 334 | 11, 906 | 3, 900 | 32. 8 | 21, 095 |
| | 2 Osaka | 15, 473 | 26, 500 | 10, 721 | 15, 830 | 5, 399 | 34. 1 | 12, 120 |
| | 3 Harima | 17, 156 | 23, 711 | 17, 645 | 20, 925 | 2, 009 | 9. 6 | 24, 255 |
| | 4 Bisan | 13, 380 | 23, 007 | 15, 941 | 18, 570 | 2, 299 | 12. 4 | 22, 258 |
| | 5 Hiuchi | 19, 681 | 39, 050 | 23, 087 | 28, 249 | 5, 588 | 19. 8 | 33, 851 |
| | 6 Aki | 8, 649 | 22, 230 | 10, 062 | 17, 303 | 4, 066 | 23. 5 | 17, 796 |
| | 7 Iyo | 8, 554 | 17, 746 | 11, 976 | 14, 394 | 2, 119 | 14. 7 | 26, 800 |
| | 8 Suho | 24, 093 | 52, 497 | 26, 710 | 36, 436 | 8, 953 | 24. 6 | 101, 757 |
| | Total | 118, 109 | 193, 462 | 135, 700 | 163, 612 | 17, 683 | 10. 8 | 237, 779 |
| Total[4)] | 1 Kii | 32, 391 | 40, 200 | 22, 100 | 31, 752 | 6, 265 | 19. 7 | 55, 800 |
| | 2 Osaka | 44, 879 | 63, 500 | 50, 300 | 57, 047 | 4, 290 | 7. 5 | 72, 900 |
| | 3 Harima | 46, 415 | 83, 800 | 45, 900 | 65, 742 | 13, 751 | 20. 9 | 87, 500 |
| | 4 Bisan | 18, 026 | 29, 100 | 21, 600 | 24, 860 | 2, 588 | 10. 5 | 37, 500 |
| | 5 Hiuchi | 37, 909 | 64, 100 | 41, 200 | 48, 660 | 8, 342 | 17. 1 | 81, 900 |
| | 6 Aki | 18, 530 | 27, 900 | 17, 200 | 23, 326 | 3, 709 | 15. 9 | 25, 700 |
| | 7 Iyo | 17, 250 | 30, 400 | 20, 400 | 27, 131 | 3, 577 | 13. 2 | 43, 600 |
| | 8 Suho | 28, 222 | 55, 900 | 31, 400 | 40, 472 | 8, 435 | 20. 8 | 105, 600 |
| | Total | 243, 622 | 380, 800 | 260, 900 | 318, 989 | 39, 838 | 12. 5 | 436, 100 |

1) Before eutrophication  2) 1st period eutrophicated
3) 2nd period eutrophicated  4) Unit is 100 m. t.

| 1970—1977[3] | | | | 1958—1977 Total | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| min | x | S.D | C.V(%) | max | min | x | S.D | C.V(%) |
| 22,498 | 28,160 | 4,096 | 14.5 | 35,752 | 14,737 | 24,092 | 5,497 | 22.8 |
| 33,772 | 46,785 | 8,192 | 17.5 | 62,312 | 28,543 | 43,263 | 8,554 | 19.8 |
| 40,912 | 50,110 | 8,719 | 17.4 | 66,840 | 28,220 | 46,491 | 11,376 | 24.5 |
| 6,252 | 10,347 | 3,868 | 37.4 | 17,049 | 4,647 | 8,216 | 3,540 | 43.1 |
| 24,502 | 39,078 | 10,822 | 27.7 | 52,660 | 13,220 | 29,608 | 12,874 | 43.5 |
| 5,403 | 7,675 | 2,398 | 31.2 | 11,336 | 5,403 | 7,091 | 2,009 | 28.3 |
| 11,042 | 16,292 | 4,173 | 25.6 | 22,922 | 8,403 | 14,261 | 4,389 | 30.8 |
| 3,221 | 4,224 | 980 | 23.2 | 6,250 | 3,221 | 4,136 | 823 | 19.9 |
| 178,291 | 202,669 | 18,569 | 9.2 | 240,227 | 120,595 | 177,157 | 35,311 | 19.9 |
| 15,421 | 18,276 | 2,046 | 11.2 | 21,095 | 7,334 | 15,042 | 4,385 | 29.1 |
| 7,363 | 9,623 | 1,913 | 19.9 | 26,500 | 7,363 | 12,704 | 4,848 | 38.2 |
| 20,548 | 21,430 | 1,203 | 5.6 | 24,255 | 17,156 | 20,942 | 1,836 | 8.8 |
| 15,564 | 18,821 | 2,338 | 12.4 | 23,007 | 13,380 | 18,371 | 2,540 | 13.8 |
| 23,304 | 29,391 | 3,575 | 12.2 | 39,050 | 19,681 | 28,285 | 4,903 | 17.3 |
| 13,220 | 15,327 | 1,615 | 10.5 | 22,230 | 8,649 | 15,774 | 3,523 | 22.3 |
| 13,369 | 20,496 | 4,930 | 24.1 | 26,800 | 8,554 | 17,080 | 5,251 | 30.7 |
| 37,391 | 58,945 | 19,904 | 33.8 | 101,757 | 24,093 | 46,919 | 19,496 | 41.6 |
| 176,972 | 192,307 | 20,020 | 10.4 | 237,779 | 118,109 | 175,115 | 27,352 | 15.6 |
| 39,300 | 46,438 | 5,804 | 12.5 | 55,800 | 22,100 | 39,144 | 9,391 | 24.0 |
| 45,900 | 56,413 | 8,335 | 14.8 | 72,900 | 44,900 | 55,963 | 6,971 | 12.5 |
| 62,300 | 71,538 | 8,301 | 11.6 | 87,500 | 45,900 | 67,431 | 12,138 | 18.0 |
| 23,800 | 29,163 | 4,674 | 16.0 | 37,500 | 18,000 | 26,581 | 4,764 | 17.9 |
| 53,700 | 68,463 | 11,391 | 16.6 | 81,900 | 37,900 | 57,894 | 14,639 | 25.3 |
| 21,000 | 23,000 | 1,549 | 6.7 | 27,900 | 17,200 | 22,856 | 2,832 | 12.4 |
| 30,600 | 36,788 | 4,191 | 11.4 | 43,600 | 17,300 | 31,350 | 7,109 | 22.7 |
| 41,700 | 63,163 | 19,830 | 31.4 | 105,600 | 28,200 | 51,057 | 19,418 | 38.0 |
| 374,000 | 394,963 | 25,357 | 6.4 | 436,100 | 243,600 | 352,256 | 56,668 | 16.1 |

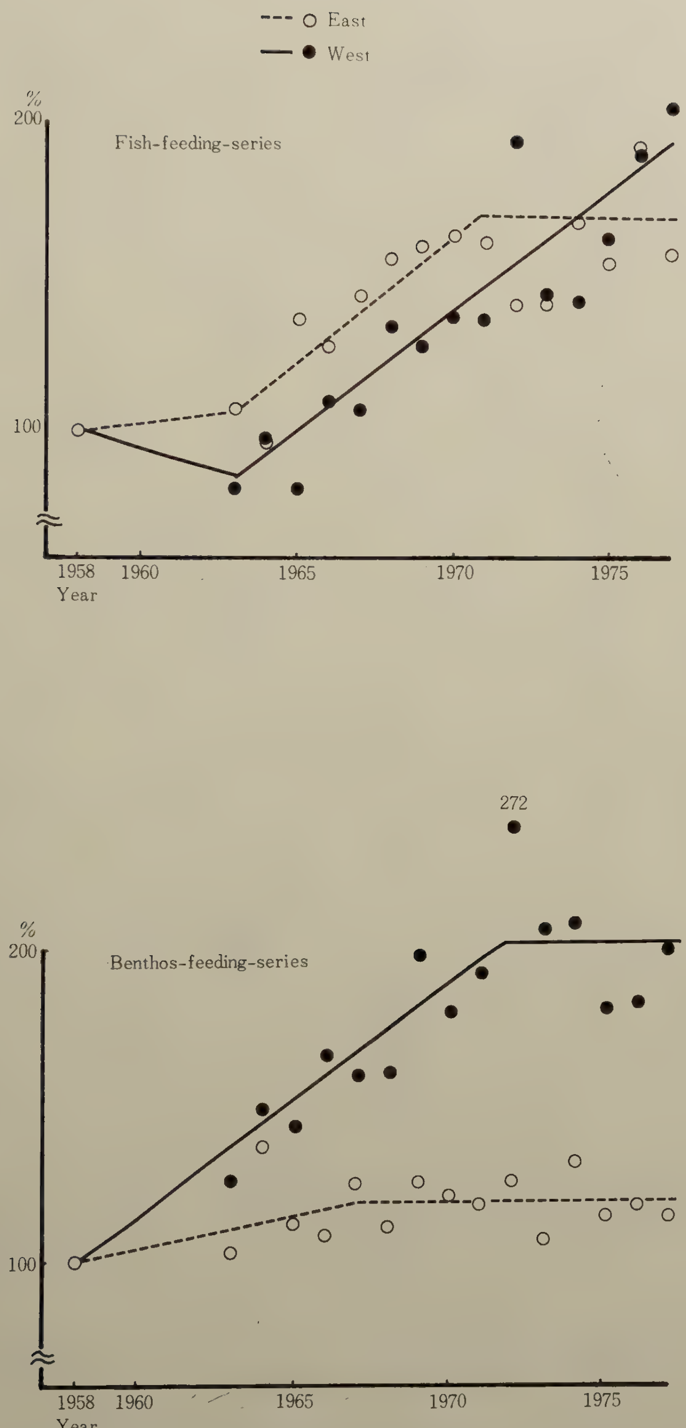



Fig. 3 Changes of catch amount by east and west fishing area and by bio-production series in %.

Table 5. Names of species whose annual catch attained more than double of the catch amount in 1958.

| Year | | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | East | | | | | | Sand lance | | Sand lance | Sand lance | Sand lance | Sand lance | Sand lance | | Sardine<br>Sand lance<br>Anchovy larvae *2 | |
| | West | | | | | | | Anchovy | Anchovy | Anchovy | Anchovy | Anchovy | | Anchovy | Anchovy | Anchovy<br>Anchovy larvae |
| B | East | | | | | | | | | | | | | | | |
| | West | | | Other*1 shell-fishes | SF–1<br>Other shell-fishes<br>Shrimps | Other shell-fishes | Other shell-fishes | SF–1<br>SF–2<br>Other shell-fishes | | SF–1<br>SF–2 | SF–1<br>SF–2<br>Other shell-fishes<br>Sea cucumber<br>SF–3<br>Shrimps | SF–1<br>SF–2<br>SF–3<br>Sea cucumber | SF–1<br>SF–2<br>SF–3<br>Other shell-fishes | Cuttle fish<br>SF–3<br>Other shell-fishes | Cuttle fish<br>Shrimps | Cuttle fish<br>Squids<br>Shrimps<br>SF–1 |

F: Fish-feeding series, B: Benthos-feeding series, SF-1: Short necked clam (アサリ), SF-2: Ark shells (モガイ), SF-3: Pen shells (タイラギ), Sand lance: (イカナゴ), Sardine: (マイワシ), Anchovy: (カタクチイワシ), Anchovy larvae: (シラス), Other shellfishes: (その他の貝類), Shrimps: (その他のエビ類), Cuttle fish (squid): (コウイカ類), Squids: (他のイカ類), Sea cucumbers: (ナマコ)

*1 : Including Pen shells and Torigai clam in 1965–1971, and including Torigai clam in 1972–1977.
*2 : Including sardine larvae.

灘によってその経過には差があるけれども，平均すれば総漁獲量は約 1.7 倍に増加した。大阪湾・安芸灘は約 1.3 倍の増加に止まっているが，西部のうち燧灘・伊予灘・周防灘は 2 倍以上に増加して，西部の増加が著しい。

生物生産系別・東西漁場別に漁獲量の推移をみると東西の差は一段と明らかになる（Fig. 3)。

魚食系の漁獲量は東部水域では1969年まで順調に増加したあと増加が見られないが，西部水域では始めは減少したあと順調に増加した。

ベントス食系では増加のあと横ばい傾向で，東部水域はすでに1965年頃から西部水域では1973年頃から増加は見られない。

灘別にみて漁獲量が 2 倍を越えた（指数が 200 以上の）年次が魚食系・ベントス食系のいずれにも見られる。魚食系では1970年代以後に東部水域にも西部水域にも出てくるが，ベントス食系の漁獲量が 2 倍を越えた灘は東部水域には全く見られず，西部水域において1965年以後の時期に見られる。

漁獲量が 2 倍以上に増加した年次・灘にどの魚種が特に増加したかを灘ごとに確かめ，Table 5 にその種類名を整理した。瀬戸内海を東西に分けた場合，魚食系漁獲量の増加が著しい種は，東部ではイカナゴ（1968年以後），マイワシ，シラス（1976年以後），また西部ではカタクチイワシ（1969年以後）である。一方，ベントス食系では東部水域には特に増加したものが見られず，西部ではアサリ・モガイ・他の貝など貝類を中心に，ナマコ，小エビ類更にコウイカ類（1975年以後）などが特に増加している。

西部海域とくに周防灘や燧灘などで貝類の大発生が頻繁に起った。その種類は一定していないが，西部水域全体としては毎年どこかで大発生を見ていたことが分る。西部水域とくに伊予灘・周防灘における1974年頃からのシリヤケイカの資源増大も，この漁獲増加の原因となっている。イカナゴについては資源が増大したかどうかは明らかでないが，需要の増大によって込瀬網などの着統数が増加したことが漁獲量を上昇させたと考えられる。カタクチイワシが西部水域で特に増加したが，これは油イワシ（含油率が高く，乾製品の原材料として不適当なもの）が減少して煮干し製品の原料として需要が高まり，漁獲が増加したものである。

## 3. 瀬戸内海における養殖生産の推移

ここで瀬戸内海における養殖生産について概括しよう。今日我が国の養殖生産量86万 1 千トン（1977年）は総漁獲量から見れば 8 ％に過ぎない。しかし沿岸漁業に占める割合は近年大きく上昇した。とくに内海・内湾生産の中では重要で，瀬戸内海における1977年の生産量は，海面漁業の40万 5 千トンに対して，27万 9 千トン（のり生重量，カキ殻付重量を含む)，生産金額では海面漁業の 145 億円に対して67億円に達している。総重量の40％，水揚金額の31％に当る。この項では内海における養殖業の推移を要約する（Table 6)。

1955年から約10年間において瀬戸内海における養殖生産量の拡大は10倍増に近い著しいものであった。生産重量の最も多いノリの場合は，人工採苗法が開発された1960年までに約 5 万トンに増加していた(Fig.4)。しかし，1963年頃に沖合漁場を利用する浮流網技術が開発されるまで増加は低いテンポに止まっていた。この時期までには沖合も富栄養化し，ノリ生産の場としての潜在力を備えていたが，浮流網技術の開発によって生産は飛躍的に拡大された。1974年には30万トンにも達したが，その後は需要減退などの理由で生産調整が行なわれ，現在約23万トンの水準で推移している。

カキ養殖の急激な拡大は1950年代前半に始まった（Fig. 5)。1959年には 1 万トン（むき身）以下の生産であったが，1962年には1.5万トン，1968年には3.3万トンにも及んだ。しかし，富栄養化が進んだ広島湾漁場で害虫（カサネカンザシ）の大発生が起り，急減して1964年には 1.6 万トンに半減した。その後回復は見たものの現在約 2.7 万トンの生産に止まっている。

クルマエビを含む魚類等の養殖業生産においてもこの傾向は同様である。1960年までの生産は大部分がハマチであり，生産量は数百トンに過ぎなかった。しかしその後施設の拡充，技術的な進歩を背景にして生産

Table 6. Amount of aquaculture production by year and by fishing ground.

| Species | Fishing ground \ Year | 1958 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fishes and prawns | 1 Kii | | | 366 | 581 | 834 | 1,399 | 1,367 |
| | 2 Osaka | | | 413 | 66 | 140 | 173 | 184 |
| | 3 Harima | | | 2,999 | 4,327 | 3,984 | 4,822 | 5,297 |
| | 4 Bisan | | | 736 | 652 | 753 | 766 | 1,024 |
| | 5 Hiuchi | | | 116 | 323 | 268 | 501 | 465 |
| | 6 Aki | | | 88 | 112 | 119 | 211 | 217 |
| | 7 Iyo | | | 51 | 70 | 41 | 102 | 69 |
| | 8 Suho | | | 26 | 48 | 60 | 84 | 103 |
| | Total | 307 | 2,382 | 4,793 | 6,179 | 6,195 | 8,054 | 8,724 |
| Oyster | 1 Kii | | | 36 | 24 | 12 | 20 | 12 |
| | 2 Osaka | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 Harima | | | 1,088 | 1,060 | 1,204 | 1,236 | 1,500 |
| | 4 Bisan | | | 440 | 268 | 304 | 228 | 140 |
| | 5 Hiuchi | | | 2,684 | 3,656 | 1,928 | 2,368 | 2,008 |
| | 6 Aki | | | 17,840 | 19,732 | 23,568 | 26,140 | 29,264 |
| | 7 Iyo | | | 60 | 332 | 36 | 20 | 52 |
| | 8 Suho | | | 68 | 60 | 60 | 24 | 36 |
| | Total | 8,477 | 22,133 | 22,208 | 25,128 | 27,112 | 30,036 | 33,008 |
| Sea weeds | 1 Kii | | | 7,404 | 5,130 | 8,898 | 7,918 | 7,048 |
| | 2 Osaka | | | 164 | 468 | 570 | 1,130 | 1,674 |
| | 3 Harima | | | 4,132 | 4,026 | 6,406 | 7,944 | 6,646 |
| | 4 Bisan | | | 2,046 | 2,832 | 1,890 | 4,268 | 3,114 |
| | 5 Hiuchi | | | 27,982 | 12,050 | 17,572 | 29,598 | 21,870 |
| | 6 Aki | | | 3,476 | 1,502 | 2,232 | 3,234 | 1,850 |
| | 7 Iyo | | | 3,182 | 2,366 | 4,664 | 4,954 | 4,002 |
| | 8 Suho | | | 29,348 | 20,842 | 34,920 | 28,886 | 36,042 |
| | Total | 33,078 | 57,698 | 77,730 | 49,212 | 77,146 | 87,926 | 82,240 |
| Total | 1 Kii | | | 7,804 | 5,735 | 9,744 | 9,335 | 8,426 |
| | 2 Osaka | | | 577 | 533 | 709 | 1,302 | 1,857 |
| | 3 Harima | | | 8,219 | 9,412 | 11,591 | 14,000 | 13,440 |
| | 4 Bisan | | | 3,219 | 3,752 | 2,944 | 5,261 | 4,276 |
| | 5 Hiuchi | | | 30,780 | 16,027 | 19,766 | 32,464 | 24,340 |
| | 6 Aki | | | 21,400 | 21,343 | 25,919 | 29,585 | 31,329 |
| | 7 Iyo | | | 3,292 | 2,767 | 4,739 | 5,074 | 4,122 |
| | 8 Suho | | | 29,440 | 20,949 | 35,039 | 28,994 | 36,180 |
| | Total | 41,862 | 82,213 | 104,731 | 80,518 | 110,451 | 126,015 | 123,970 |

(ton)

| 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,534 | 1,601 | 2,003 | 1,458 | 2,007 | 1,633 | 1,522 | 1,494 | 1,594 |
| 224 | 354 | 334 | 260 | 178 | 40 | 61 | 100 | 203 |
| 6,672 | 6,550 | 6,847 | 2,795 | 5,058 | 6,133 | 7,115 | 7,712 | 4,441 |
| 741 | 881 | 1,361 | 1,417 | 2,433 | 2,930 | 2,215 | 1,868 | 2,033 |
| 682 | 416 | 369 | 383 | 442 | 585 | 422 | 411 | 418 |
| 213 | 75 | 170 | 203 | 354 | 302 | 362 | 515 | 297 |
| 74 | 66 | 71 | 104 | 101 | 116 | 109 | 145 | 191 |
| 154 | 94 | 109 | 134 | 129 | 116 | 113 | 144 | 58 |
| 10,290 | 10,033 | 11,264 | 6,750 | 10,698 | 11,853 | 11,917 | 12,389 | 9,233 |
| 20 | 24 | 28 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,204 | 1,556 | 2,236 | 2,392 | 2,500 | 2,100 | 2,544 | 3,736 | 3,848 |
| 32 | 20 | 20 | 12 | 16 | 4 | 4 | 28 | 76 |
| 1,336 | 872 | 1,112 | 1,552 | 1,672 | 1,540 | 1,688 | 1,688 | 1,416 |
| 21,176 | 13,540 | 19,696 | 21,784 | 23,720 | 22,388 | 21,436 | 21,688 | 15,140 |
| 12 | 24 | 20 | 32 | 36 | 32 | 48 | 52 | 116 |
| 40 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 23,816 | 16,048 | 23,108 | 25,776 | 27,940 | 26,060 | 25,720 | 27,192 | 20,600 |
| 9,840 | 10,916 | 9,722 | 15,038 | 17,622 | 20,342 | 10,986 | 14,208 | 12,140 |
| 3,920 | 16,384 | 17,134 | 8,622 | 11,956 | 17,502 | 14,604 | 15,980 | 17,646 |
| 20,466 | 24,582 | 41,590 | 64,224 | 82,412 | 112,130 | 57,510 | 100,982 | 95,034 |
| 10,406 | 9,684 | 10,128 | 15,254 | 19,360 | 26,820 | 9,806 | 27,074 | 22,156 |
| 46,642 | 34,016 | 33,302 | 43,198 | 52,180 | 56,218 | 35,400 | 43,930 | 38,738 |
| 4,624 | 4,578 | 3,034 | 4,212 | 4,706 | 5,282 | 3,042 | 2,894 | 2,674 |
| 13,878 | 14,332 | 12,934 | 13,024 | 16,840 | 15,190 | 12,452 | 13,448 | 8,280 |
| 68,388 | 67,936 | 54,266 | 60,288 | 75,614 | 71,594 | 63,802 | 72,110 | 54,130 |
| 178,160 | 182,426 | 182,104 | 223,860 | 280,688 | 325,078 | 207,596 | 290,622 | 250,796 |
| 11,392 | 12,539 | 11,751 | 16,500 | 19,629 | 21,975 | 12,507 | 15,701 | 13,739 |
| 4,143 | 16,738 | 17,467 | 8,882 | 12,134 | 17,542 | 14,664 | 16,079 | 17,848 |
| 28,341 | 32,689 | 50,672 | 69,409 | 89,969 | 120,363 | 67,168 | 112,430 | 103,323 |
| 11,176 | 10,583 | 11,507 | 16,682 | 21,807 | 29,752 | 12,024 | 28,969 | 24,261 |
| 48,658 | 35,303 | 34,781 | 45,132 | 54,292 | 58,341 | 37,510 | 46,027 | 40,570 |
| 26,012 | 18,193 | 22,897 | 26,197 | 28,779 | 27,971 | 24,839 | 25,097 | 18,108 |
| 13,961 | 14,420 | 13,023 | 13,160 | 16,974 | 15,336 | 12,607 | 13,646 | 8,585 |
| 68,581 | 68,039 | 54,377 | 60,422 | 75,742 | 71,709 | 63,913 | 72,253 | 54,193 |
| 212,264 | 208,504 | 216,475 | 256,384 | 319,326 | 362,989 | 245,232 | 330,202 | 280,627 |

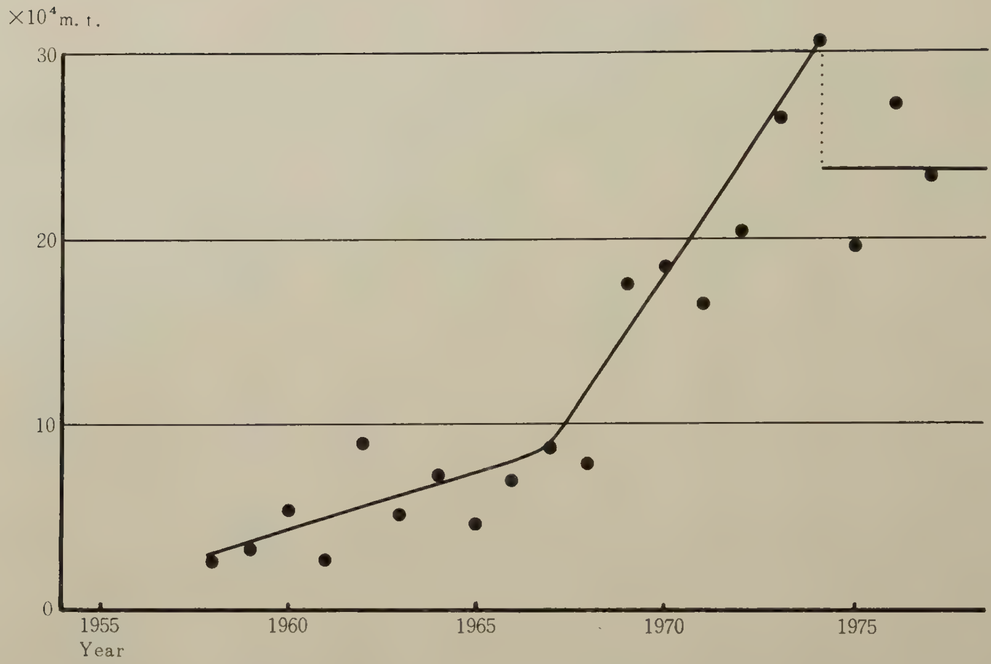



Fig. 4 Changes of aquaculture production amount in the Seto Inland Sea.
—Sea laver (wet weight)—

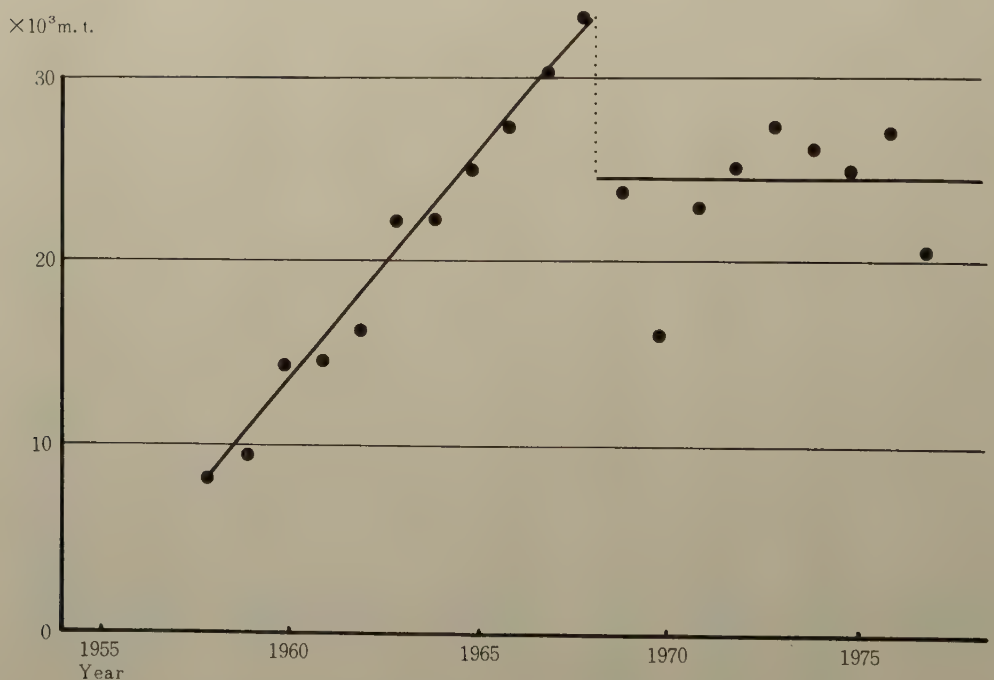



Fig. 5 Changes of aquaculture production amount in the Seto Inland Sea.
—Oyster without shell—

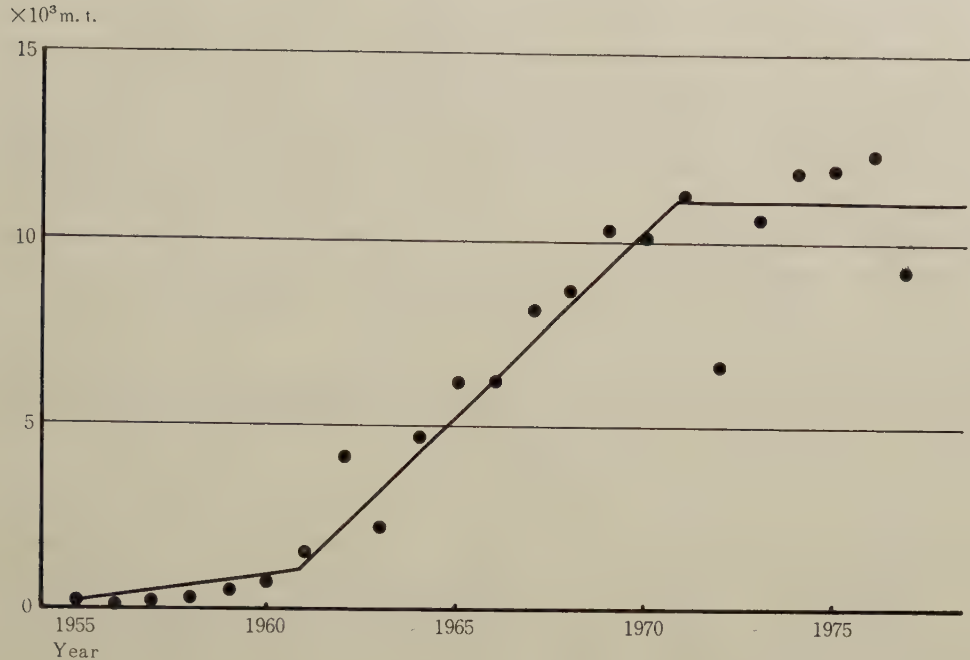



Fig. 6 Changes of aquaculture production amount in the Seto Inland Sea.
—Fishes including prawns—

は急激に増加し，1970年までには約1万トンを越える水準に達した（**Fig. 6**）。

1970年頃まで約10ヶ年の経過は，施設の拡充によって，生産は容易に拡大できると見られていた。しかし，魚類養殖が魚類蛋白など高級蛋白質しか餌料として利用できない基本的な問題のほかに，人件費・施設費の拡大などが障害となったことは明らかである。また高密度養殖による各種魚病の多発とそれによる被害も大きい生産阻害要因となっている。更に環境の悪化や富栄養化による赤潮被害の急増などに追い打ちをかけられ，局地的には自家汚染の問題なども出てきていて投餌養殖の生産量は不安定化し，内海沿岸における立地そのものが問題となる場合も出て来た。これらの情勢を反映して，1970年代前半からは赤潮に強いとされるマダイ等の占める部分も多くなり，種類も内容も変わり生産量の増加は見られない。

これら養殖業における生産量の推移を見ると，利潤追求を強力なモーメントとして養殖業は幾多の技術革新をなしとげたことが分る。その新技術を背景として投資を拡大し大量養殖時代を出現させたが，1970年代前半に入ると，結果的には生産量が需要を上廻る程に増大することとなった。もともとこれらの養殖生産物にも需要には限界がある筈であるが，最近は生産量が需要を上廻るほどに大きくなり，生産調整などによる抑制のため生産量が低下したと考えられる。

この様な養殖業の推移を見ると，種々の制約要因のため現在生産量は頭打ち状態であるが，その生産力には明らかに余力があると考えて良い。

## 4. 瀬戸内海漁場の単位面積（1km²）および単位容積（1km³）当り漁獲量

### 1） 漁場の生産性

再び海面漁業に戻り，その生産性について述べよう。漁場の漁業生産性は単位面積当り年漁獲量で比較されるが，瀬戸内海の漁業生産性は，日本の南西部沿岸漁場の中では，著しく高い値を示している。例えば底魚の漁獲が平均的には１～５トン/km²/年 の中で約10トン/km²/年と言う高い生産である。浮魚を加えた漁獲量の近年の平均値は約21トン/km²/年 である（Table 7）。

灘別に１km² 当１年間の生産を 見ると大阪湾の36.9トンから伊予灘の 9.3 トンまで約４倍の開きがある。漁獲物を魚食系とベントス食系に分けると，瀬戸内海東部では魚食系の生産性，西部ではベントス食系の生産性が高い。また内海の最も奥部である燧灘と備讃瀬戸では，生産が30トン/km²/年 以上で大阪湾を除くどの灘よりも高い。

Fig. 7 には漁場の平均水深と面積当り漁獲量の関係を示した。紀伊水道(1)と大阪湾(2)の生産性が他漁場に比べて特に高い値を示すことが注目される。他の漁場は浅海ほど高い状況が明らかである。

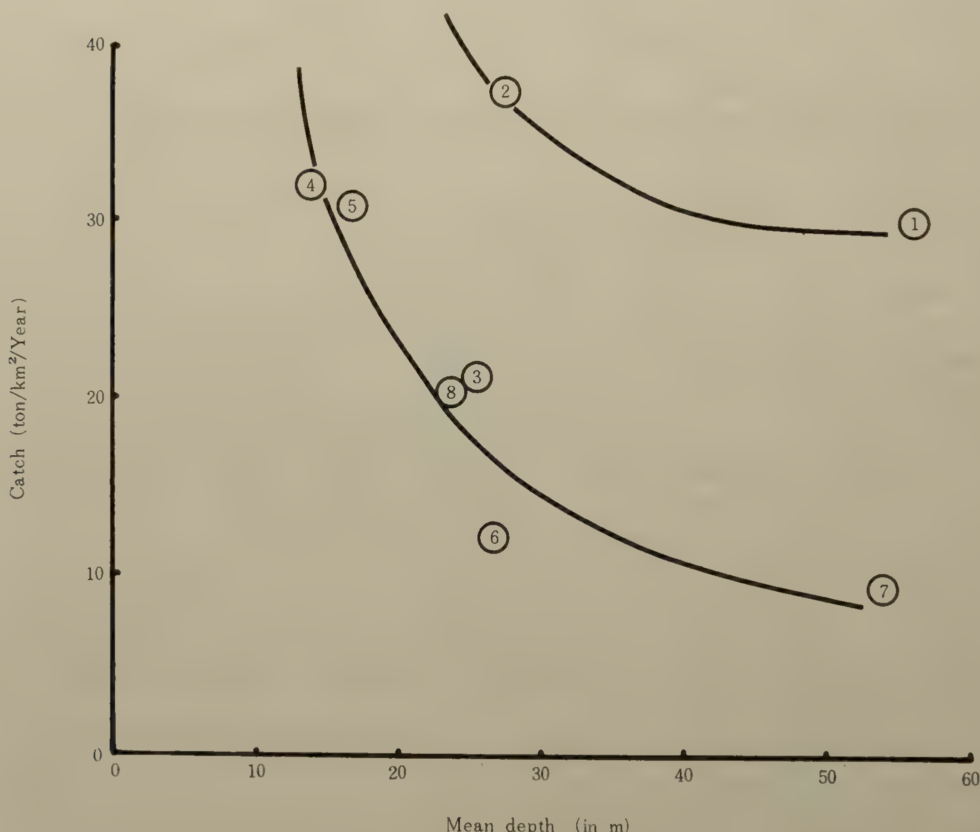



Fig. 7 Productivity (catch per km²) and mean depth of water in each fishing ground. Circled numerals are fishing ground number. Productivities are the average catch per km² of 1970-1977.

Table 7. Average catch amount per area (1 km²) and per volume (1 km³), by fishing ground and by period.
F: Catch amount of fish-feeding series, B: Catch amount of benthos-feeding series, T: Total catch amount,

| Fishing ground | Depth (m) | Area (km²) | Bio-production series \ Year | 1958 (ton/km²) | '63–'69 (ton/km²) | '70–'77 (ton/km²) | Volume km³ | 1958 (ton/km³) | '63–'69 (ton/km³) | '70–'77 (ton/km³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) Kii Channel | 56.0 | 1,554 | F | 13.7 | 12.8 | 18.1 | 87.0 | 244.4 | 228.1 | 323.7 |
| | | | B | 7.2 | 7.7 | 11.8 | | 127.9 | 136.9 | 210.1 |
| | | | T | 20.8 | 20.4 | 29.9 | | 372.3 | 365.0 | 533.8 |
| (2) Osaka Bay | 27.5 | 1,529 | F | 19.2 | 27.0 | 30.6 | 41.8 | 703.5 | 986.1 | 1,119.3 |
| | | | B | 10.1 | 10.4 | 6.3 | | 370.2 | 378.7 | 230.2 |
| | | | T | 29.4 | 37.3 | 36.9 | | 1,073.7 | 1,364.8 | 1,349.6 |
| (3) Harima Nada | 25.6 | 3,426 | F | 8.5 | 13.1 | 14.6 | 88.7 | 329.9 | 505.3 | 564.9 |
| | | | B | 5.0 | 6.1 | 6.3 | | 193.4 | 235.9 | 241.6 |
| | | | T | 13.5 | 19.2 | 20.9 | | 523.3 | 741.2 | 806.5 |
| (4) Bisan Seto | 13.9 | 916 | F | 5.1 | 6.9 | 11.3 | 12.7 | 365.9 | 495.4 | 814.7 |
| | | | B | 14.6 | 20.3 | 20.5 | | 1,053.5 | 1,462.2 | 1,482.0 |
| | | | T | 19.7 | 27.1 | 31.8 | | 1,419.4 | 1,957.5 | 2,296.3 |
| (5) Hiuchi Nada | 16.7 | 2,250 | F | 8.1 | 9.1 | 17.4 | 38.0 | 479.7 | 537.2 | 1,028.4 |
| | | | B | 8.7 | 12.6 | 13.1 | | 517.9 | 743.4 | 773.4 |
| | | | T | 16.8 | 21.6 | 30.4 | | 997.6 | 1,280.5 | 1,801.7 |
| (6) Aki Nada | 26.8 | 1,909 | F | 5.2 | 3.2 | 4.0 | 52.2 | 189.3 | 115.4 | 147.0 |
| | | | B | 4.5 | 9.1 | 8.0 | | 165.7 | 331.5 | 293.6 |
| | | | T | 9.7 | 12.2 | 12.0 | | 355.0 | 446.9 | 440.6 |
| (7) Iyo Nada | 53.7 | 3,974 | F | 2.2 | 3.2 | 4.1 | 213.6 | 40.7 | 59.6 | 76.3 |
| | | | B | 2.2 | 3.6 | 5.2 | | 40.0 | 67.4 | 96.0 |
| | | | T | 4.3 | 6.8 | 9.3 | | 80.8 | 127.0 | 172.2 |
| (8) Suho Nada | 23.7 | 3,100 | F | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 73.6 | 56.1 | 54.9 | 57.4 |
| | | | B | 7.8 | 11.8 | 19.0 | | 327.4 | 495.1 | 800.9 |
| | | | T | 9.1 | 13.1 | 20.4 | | 383.5 | 549.9 | 858.2 |
| Total | 32.3 | 18,658 | F | 6.7 | 8.3 | 10.9 | 607.6 | 206.6 | 255.7 | 333.6 |
| | | | B | 6.3 | 8.8 | 10.3 | | 194.4 | 269.3 | 316.5 |
| | | | T | 13.1 | 17.1 | 21.2 | | 401.0 | 525.0 | 650.0 |

内海・内湾漁場は比較的水深が浅く，表面から海底まで多様な漁業でキメ細かく利用されている。そこでTable. 7 には灘の平均水深と面積とから容積を計算し，単位容積（1 km³）当りの年漁獲トン数を求めた。内海全域では 650トン/km³/年 であり，魚食系（333.6トン）とベントス食系（316.5トン）の漁獲物がほぼ半々である。灘別には最も奥部の備讃瀬戸（約2,300トン/km³/年）と燧灘が高く，伊予灘（約170トン/km³/年）で最も低い。

海域の生物生産性を容積当りで見ると浅海ほど高い筈であり，漁場を表層から海底まで利用する内海・内湾では，漁業生産性も浅海ほど高いことが予想される。 Fig. 8 には漁場の平均水深と容積当り漁獲量の関係を示した。容積当りでも浅海ほど生産性が高いことが分る。

漁場の生産性は本来投下努力当り生産量として計算すべきであろう。努力量の年次的な評価がむずかしいこともあって，ここでは面積当りと容積当りの検討とした。面積当りおよび容積当りの双方とも浅海に高い

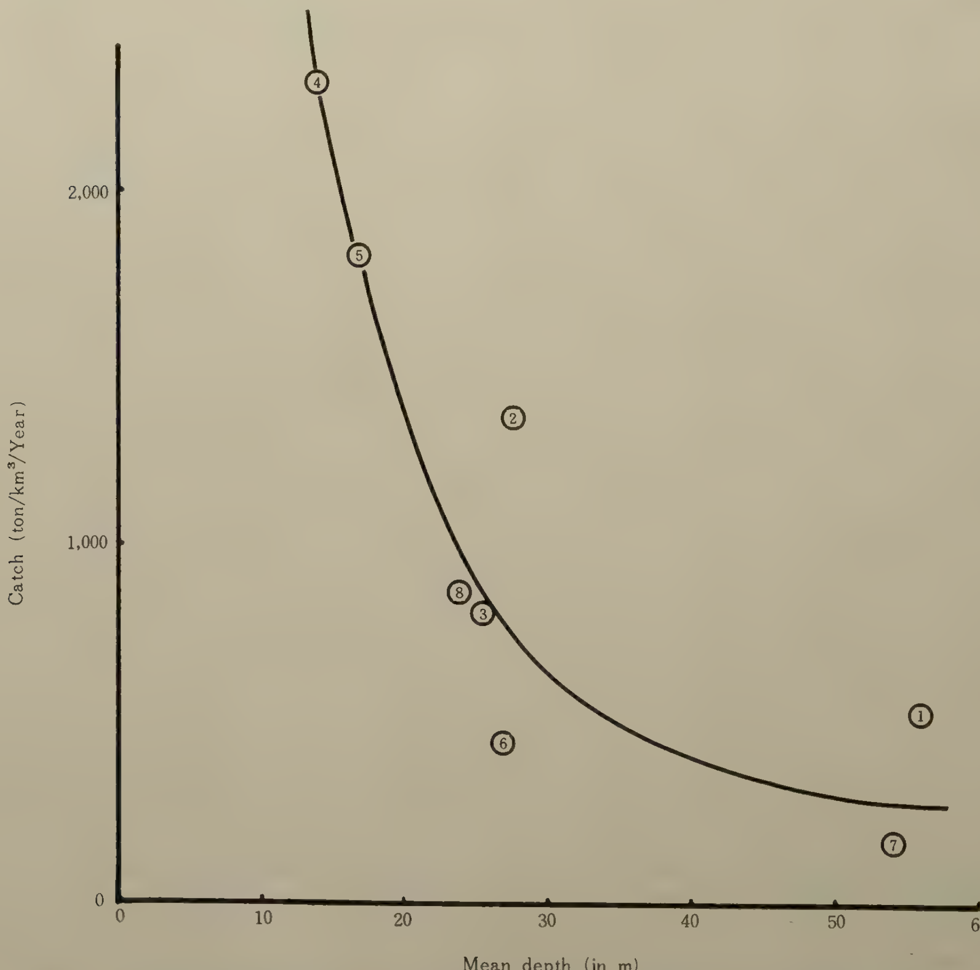



Fig. 8 Productivity (catch per km³) and mean depth of water in each fishing ground. Circled numerals are the fishing ground number. Productivities are the average catch per km³ of 1970-1977.

ことを示すが，水深と投下努力量の関係の分析から，この結果は再検討する必要があろう。

**2） 内湾度と生産性**

内海・内湾の内湾度は種々の要素で標示することができようが，瀬戸内海漁場の内湾度を平均水深と透明度の2つの要素で表わしてみる。つまり漁場水深が浅い程，また透明度が小さい程，内湾度が大きいとする考えである。この表示方法では内湾度（E）は

$$E = \frac{k}{D \cdot T}$$

D：水深(m)

T：透明度(m)

k：係数

で表わされる。各灘の内湾度を数量化した値を Table 8 に示した。

この式で数量化した内湾度の時系列変化は透明度の変化に対応することになる。そこで各灘の1951年以来の透明度の変化を，Table 8 にあげ，それを Fig. 9 として示した。

Table 8. Degree of inshoreness ($E = \frac{k}{D.T}$)

| Fishing ground | (Year) | Kii 1 | Osaka 2 | Harima 3 | Bisan 4 | Hiuchi 5 | Aki 6 | Iyo 7 | Suho 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mean depth ($D^m$) | | 56.0 | 27.5 | 25.6 | 13.9 | 16.7 | 26.8 | 53.7 | 23.7 |
| Transparency ($T^m$) | 1951 | 12.5 | 5.0 | 7.5 | 7.7 | 8.2 | 8.4 | 12.0 | 8.3 |
| | 1958 | 10.5 | 4.8 | 9.0 | 6.6 | 9.3 | 7.5 | 10.3 | 5.7 |
| | 1965 | 9.2 | 4.6 | 6.9 | 6.0 | 5.8 | 6.1 | 9.3 | 7.1 |
| | 1972 | 7.9 | 4.3 | 5.1 | 3.7 | 5.9 | 9.6 | 10.1 | 5.6 |
| Inshoreness (E) | 1951 | 1.4 | 7.3 | 5.2 | 9.3 | 7.3 | 4.4 | 1.6 | 5.1 |
| | 1958 | 1.7 | 7.6 | 4.3 | 10.9 | 6.4 | 5.0 | 1.8 | 7.4 |
| | 1965 | 1.9 | 7.9 | 5.7 | 12.0 | 10.3 | 6.1 | 2.0 | 5.9 |
| | 1972 | 2.3 | 8.5 | 7.7 | 19.4 | 10.1 | 3.9 | 1.8 | 7.5 |

T: Data of transparency are from M. Kondo, 1978. (Umi to Sora, vol. 53, No. 2–3).
Values E were calculated by D, T and k (equals 1,000).

この図に見るように透明度は戦後以来年次を追って着実に低下している。従って内湾度は逆に年々上昇したものと見られる。西部水域は東部水域にくらべて透明度（内湾度）の低下は小さく，また安芸灘・周防灘の変化は外海水の流入状況による変動が大きいと考えられる。各灘とも内湾度は高くなるが，1958年までに比較的強く内湾化していた大阪湾では内湾化の進行がゆるやかである。

内海の8灘について内湾度(E)と生産性との関係を見よう。まず面積当り生産量について Fig. 10 に示した。いずれの灘についても，1958年・1965年・1972年の順に線で結び，1972年の丸に灘番号を入れてある。この場合も大阪湾と紀伊水道は，他漁場に比べて，生産性が特に高い関係にあることが示唆される（Fig. 10)。また容積当り漁獲量との関係ではより強い相関関係が見られる（Fig. 11)。

このように漁獲量として灘の総漁獲量をとった場合に比較的強い相関関係が見られ，内湾度の高い漁場ほど生産性が高いことを示している。また同じ漁場では年次を追って内湾度が大きくなり，同時にまた生産性も高まったことが明らかである。生物生産系別に生産性との相関を見ると，魚食系ではバラつきが大きく，ベントス食系ではバラつきが極めて小さい特徴がある。

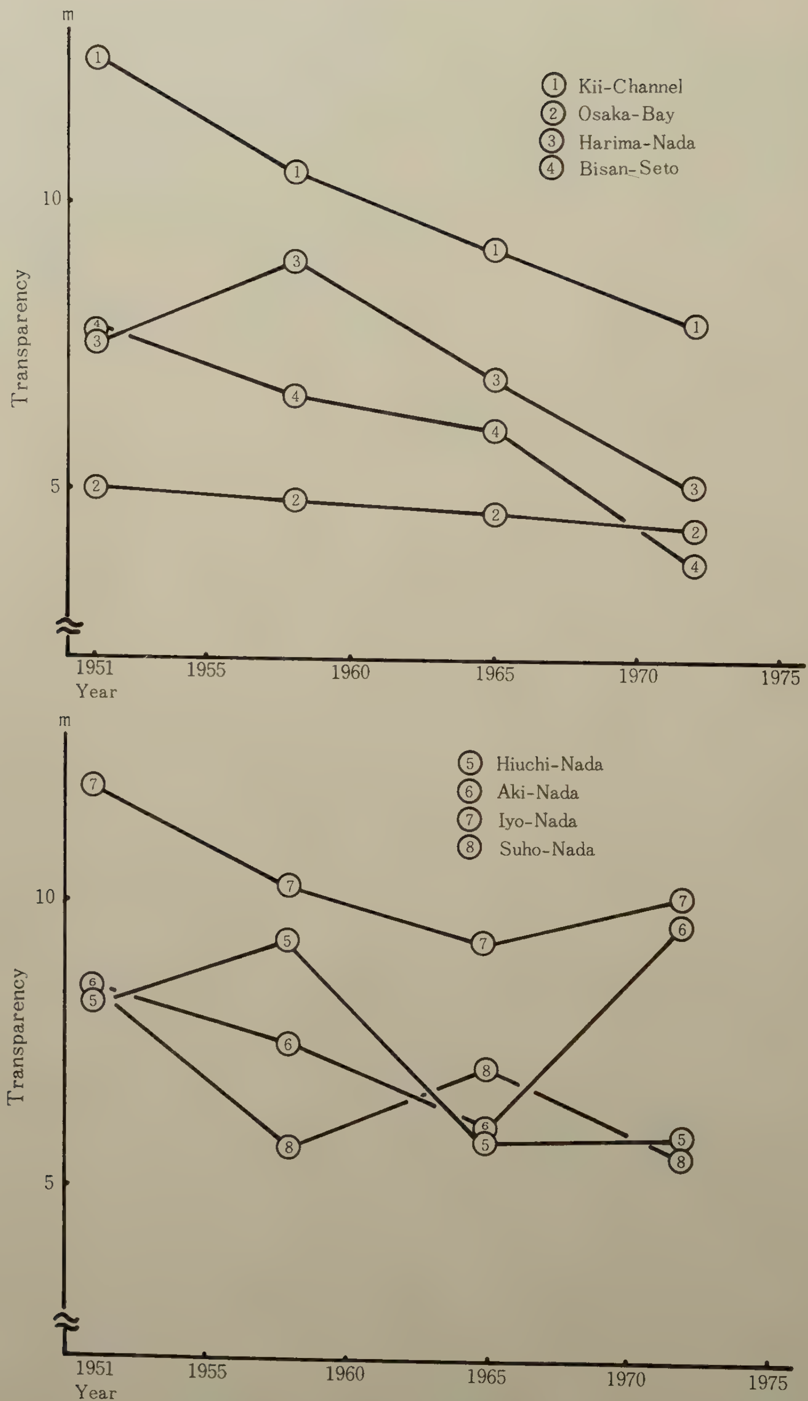



Fig. 9 Changes of transparency in fishing ground. Circled numerals are the fishing ground.

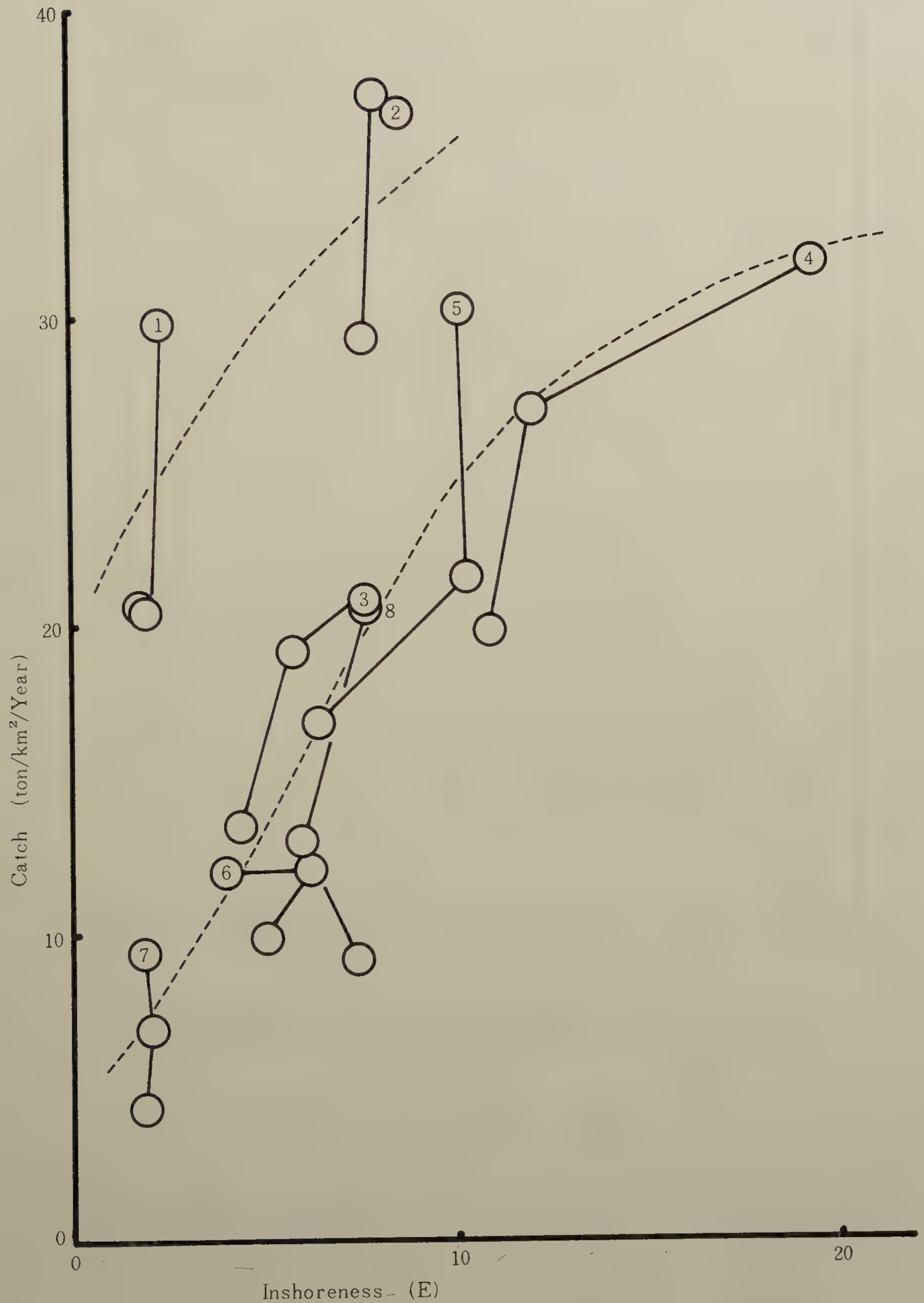



Fig. 10 Inshoreness of fishing ground and the productivity (ton/km$^2$/year).○—○—③ represent the productivities of Harima Nada, fishing ground 3, in 1958-1965-1972.

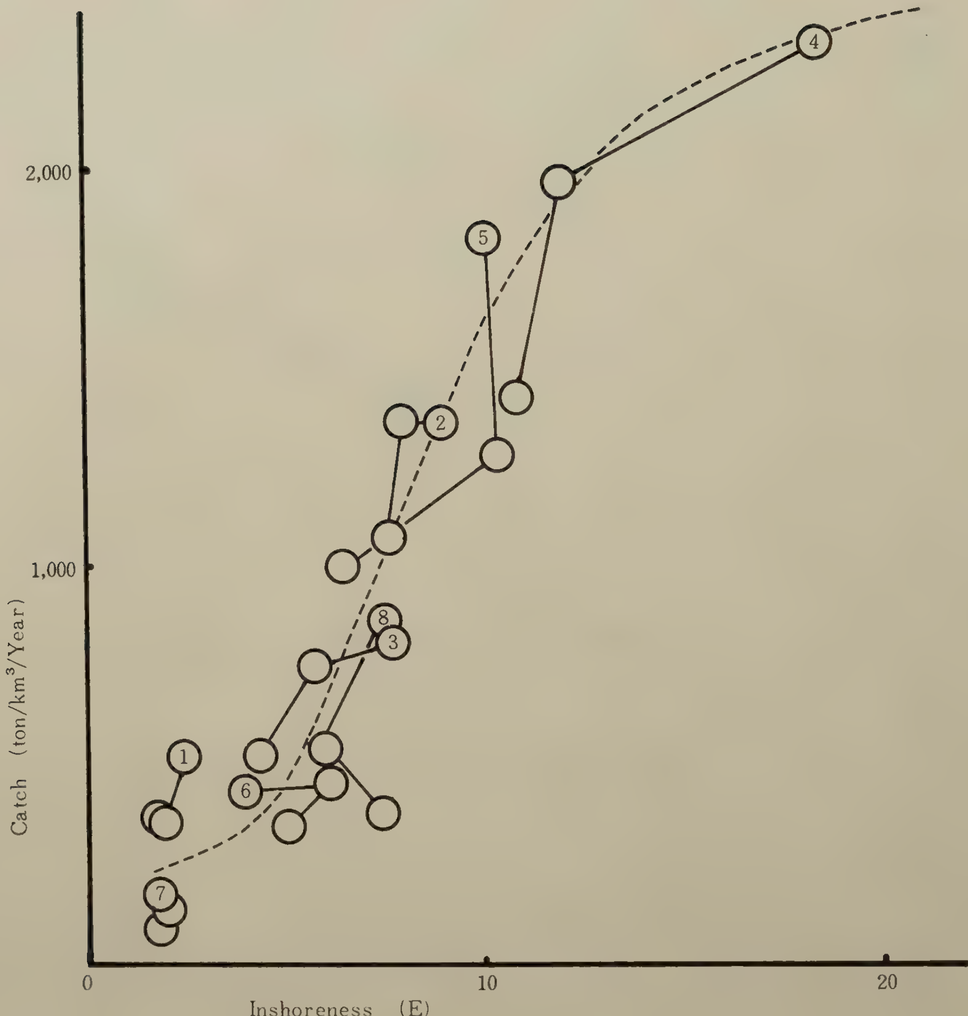



Fig. 11 Inshoreness of fishing ground and the productivity (ton／km³／year).
○─○─④ represents the productivities of Bisan-Seto, fishing ground 4, in 1958–1965–1972.

## 5. 漁獲物と漁獲による基礎生産の利用

かつて瀬戸内海の総漁獲量が約15万トン以下であった第2次大戦前の時代に，漁業は豊かな資源を背景に，高級種を少量漁獲して成り立っていた。戦後の機械化などによる大量漁獲によって漁獲は量的に大きく増加した。しかし大量漁獲はまずマダイなど高級種と言われる比較的栄養段階の高い種類から資源状態を悪化させて行った。高級種の漁獲が減ると経営を維持し拡大するため，比較的栄養段階の低い種にまで漁獲を拡げて行くことになった様である。

この状況を瀬戸内海漁場を東・西に区分し，また漁獲物を魚食系とベントス食系の2つの生物生産系に区分して検討する。1951年から1977年までの東部・西部漁場の種類別漁獲量と魚種―食性マトリックスから，

Table 9. Annual catch amount by bio-production series and by east and west fishing area (in m. t.).
E : Fishing ground area 1, 2, 3 and 4. W : Fishing ground area 5, 6, 7 and 8.
F : Fish-feeding series. B : Benthos-feeding series. T : Total

| Area / Bio-production series / Year | E | | | W | | | T | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | B | T | F | B | T | F | B | T |
| 1951 | 70,939 | 38,239 | 109,177 | 33,906 | 48,884 | 82,790 | 104,845 | 87,123 | 191,967 |
| 1952 | 61,451 | 39,865 | 101,315 | 31,968 | 52,767 | 84,734 | 93,418 | 92,631 | 186,049 |
| 1953 | 73,467 | 47,190 | 120,656 | 36,082 | 61,742 | 97,823 | 109,548 | 108,931 | 218,479 |
| 1954 | 79,953 | 51,332 | 131,285 | 46,792 | 58,514 | 105,306 | 126,745 | 109,846 | 236,591 |
| 1955 | 75,270 | 50,206 | 125,475 | 50,700 | 61,346 | 112,046 | 125,970 | 111,552 | 237,521 |
| 1956 | 94,846 | 54,548 | 149,393 | 43,752 | 63,495 | 107,247 | 138,598 | 118,043 | 256,640 |
| 1957 | 95,534 | 54,411 | 149,944 | 39,407 | 59,872 | 99,278 | 134,940 | 114,282 | 249,222 |
| 1958 | 84,642 | 57,075 | 141,717 | 40,642 | 64,200 | 104,841 | 125,284 | 121,275 | 246,558 |
| 1959 | 91,064 | 57,638 | 148,701 | 33,516 | 67,172 | 100,687 | 124,579 | 124,809 | 249,388 |
| 1960 | 98,098 | 55,746 | 153,843 | 42,032 | 71,286 | 113,317 | 140,129 | 127,031 | 267,160 |
| 1961 | 110,805 | 54,742 | 165,547 | 32,865 | 74,065 | 106,929 | 143,670 | 128,807 | 272,476 |
| 1962 | 98,204 | 68,052 | 166,255 | 35,691 | 66,223 | 101,914 | 133,895 | 134,275 | 268,169 |
| 1963 | 91,657 | 59,057 | 150,713 | 33,355 | 78,615 | 111,969 | 125,011 | 137,671 | 262,682 |
| 1964 | 80,929 | 78,143 | 159,072 | 39,667 | 90,693 | 130,359 | 120,596 | 168,836 | 289,431 |
| 1965 | 115,566 | 63,934 | 179,500 | 33,655 | 87,932 | 121,587 | 149,221 | 151,866 | 301,087 |
| 1966 | 108,594 | 61,765 | 170,359 | 44,897 | 102,030 | 146,927 | 153,491 | 163,795 | 317,286 |
| 1967 | 121,947 | 71,644 | 193,590 | 43,688 | 97,434 | 141,121 | 165,634 | 169,077 | 334,711 |
| 1968 | 132,423 | 63,090 | 195,512 | 55,009 | 98,123 | 153,132 | 187,432 | 161,213 | 348,644 |
| 1969 | 135,547 | 71,507 | 207,053 | 52,495 | 121,301 | 173,795 | 188,041 | 192,807 | 380,848 |
| 1970 | 138,603 | 69,056 | 207,659 | 56,655 | 109,690 | 166,344 | 195,258 | 178,746 | 374,003 |
| 1971 | 137,843 | 67,476 | 205,318 | 56,217 | 117,714 | 173,930 | 194,059 | 185,189 | 379,248 |
| 1972 | 120,324 | 70,436 | 190,759 | 79,850 | 165,484 | 245,334 | 200,174 | 235,920 | 436,093 |
| 1973 | 121,834 | 57,975 | 179,808 | 59,829 | 125,903 | 185,731 | 181,662 | 183,877 | 365,539 |
| 1974 | 148,346 | 69,326 | 217,672 | 59,005 | 126,734 | 185,738 | 207,351 | 196,060 | 403,410 |
| 1975 | 132,031 | 65,467 | 197,497 | 67,281 | 110,250 | 177,530 | 199,311 | 175,716 | 375,027 |
| 1976 | 163,030 | 67,492 | 230,522 | 78,619 | 111,684 | 190,302 | 241,649 | 179,176 | 420,824 |
| 1977 | 134,121 | 65,041 | 199,162 | 84,892 | 121,609 | 206,500 | 219,013 | 186,650 | 405,662 |

Table 10. Estimated consumption of primary production through the commercial catch by year, by east and west fishing area and by bio-production series. (in $\times 10^6$m.t.).
E: Fishing ground area 1, 2, 3 and 4. W: Fishing ground area 5, 6, 7 and 8.
F: Fish-feeding series. B: Benthos-feeding series. T: Total

| Area / Bio-production series / Year | E | | | W | | | T | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | B | T | F | B | T | F | B | T |
| 1951 | 4.6 | 3.3 | 7.9 | 3.4 | 3.9 | 7.3 | 8.0 | 7.2 | 15.2 |
| 1952 | 3.7 | 3.1 | 6.8 | 2.6 | 3.5 | 6.1 | 6.3 | 6.6 | 12.9 |
| 1953 | 5.0 | 3.7 | 8.7 | 3.5 | 4.2 | 7.7 | 8.5 | 7.9 | 16.4 |
| 1954 | 5.3 | 3.9 | 9.2 | 3.8 | 4.2 | 8.0 | 9.1 | 8.1 | 17.2 |
| 1955 | 5.6 | 4.2 | 9.8 | 4.2 | 4.4 | 8.6 | 9.8 | 8.6 | 18.4 |
| 1956 | 6.7 | 4.5 | 11.2 | 4.2 | 4.8 | 9.0 | 10.9 | 9.3 | 20.2 |
| 1957 | 6.5 | 4.3 | 10.8 | 3.9 | 4.4 | 8.3 | 10.4 | 8.7 | 19.1 |
| 1958 | 6.2 | 4.8 | 11.0 | 3.9 | 4.8 | 8.7 | 10.1 | 9.6 | 19.7 |
| 1959 | 6.0 | 4.4 | 10.4 | 3.7 | 5.0 | 8.7 | 9.7 | 9.4 | 19.1 |
| 1960 | 6.1 | 4.5 | 10.6 | 4.0 | 5.1 | 9.1 | 10.1 | 9.6 | 19.7 |
| 1961 | 6.4 | 4.8 | 11.2 | 3.6 | 5.2 | 8.8 | 10.0 | 10.0 | 20.0 |
| 1962 | 6.1 | 5.3 | 11.4 | 3.9 | 4.9 | 8.8 | 10.0 | 10.2 | 20.2 |
| 1963 | 5.8 | 4.5 | 10.3 | 3.8 | 4.8 | 8.6 | 9.6 | 9.3 | 18.9 |
| 1964 | 5.4 | 4.6 | 10.0 | 4.0 | 5.4 | 9.4 | 9.4 | 10.0 | 19.4 |
| 1965 | 6.7 | 4.1 | 10.8 | 3.8 | 4.7 | 8.5 | 10.5 | 8.8 | 19.3 |
| 1966 | 7.1 | 4.8 | 11.9 | 4.1 | 5.0 | 9.1 | 11.2 | 9.8 | 21.0 |
| 1967 | 7.6 | 5.1 | 12.7 | 4.1 | 4.9 | 9.0 | 11.7 | 10.0 | 21.7 |
| 1968 | 8.2 | 5.0 | 13.2 | 4.4 | 4.6 | 9.0 | 12.6 | 9.6 | 22.2 |
| 1969 | 8.6 | 6.2 | 14.8 | 4.3 | 4.5 | 8.8 | 12.9 | 10.7 | 23.6 |
| 1970 | 8.9 | 5.6 | 14.5 | 4.9 | 4.7 | 9.6 | 13.8 | 10.3 | 24.1 |
| 1971 | 8.6 | 5.4 | 14.0 | 4.7 | 5.2 | 9.9 | 13.3 | 10.6 | 23.9 |
| 1972 | 8.5 | 6.1 | 14.6 | 5.8 | 5.9 | 11.7 | 14.3 | 12.0 | 26.3 |
| 1973 | 7.8 | 4.9 | 12.7 | 4.7 | 5.4 | 10.1 | 12.5 | 10.3 | 22.8 |
| 1974 | 9.2 | 5.5 | 14.7 | 5.0 | 6.3 | 11.3 | 14.2 | 11.8 | 26.0 |
| 1975 | 8.7 | 6.1 | 14.8 | 6.0 | 7.3 | 13.3 | 14.7 | 13.4 | 28.1 |
| 1976 | 10.1 | 6.9 | 17.0 | 6.9 | 8.0 | 14.9 | 17.0 | 14.9 | 31.9 |
| 1977 | 8.2 | 6.4 | 14.6 | 7.4 | 7.5 | 14.9 | 15.6 | 13.9 | 29.5 |

Table 11. Mean trophic level of catch by year, by east and west fishing area and by bio-production series.
E : Fishing ground area 1, 2, 3 and 4. W : Fishing ground area 5, 6, 7 and 8.
F : Fish-feeding series. B : Benthos-feeding series. T : Total

| Area / Bio-production series / Year | E | | | W | | | T | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | B | T | F | B | T | F | B | T |
| 1951 | 2.03 | 2.26 | 2.11 | 2.19 | 2.19 | 2.19 | 2.08 | 2.22 | 2.15 |
| 1952 | 2.06 | 2.16 | 2.10 | 2.03 | 2.00 | 2.01 | 2.05 | 2.07 | 2.06 |
| 1953 | 2.10 | 2.15 | 2.12 | 2.14 | 2.02 | 2.07 | 2.11 | 2.08 | 2.09 |
| 1954 | 2.09 | 2.16 | 2.12 | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 2.11 | 2.16 | 2.13 |
| 1955 | 2.11 | 2.22 | 2.16 | 2.14 | 2.11 | 2.13 | 2.12 | 2.16 | 2.14 |
| 1956 | 2.11 | 2.21 | 2.14 | 2.18 | 2.11 | 2.14 | 2.13 | 2.15 | 2.14 |
| 1957 | 2.10 | 2.15 | 2.12 | 2.17 | 2.09 | 2.13 | 2.12 | 2.12 | 2.12 |
| 1958 | 2.11 | 2.21 | 2.15 | 2.18 | 2.14 | 2.15 | 2.13 | 2.17 | 2.15 |
| 1959 | 2.07 | 2.14 | 2.10 | 2.23 | 2.09 | 2.14 | 2.11 | 2.11 | 2.11 |
| 1960 | 2.07 | 2.19 | 2.12 | 2.16 | 2.03 | 2.08 | 2.10 | 2.10 | 2.10 |
| 1961 | 2.06 | 2.27 | 2.13 | 2.21 | 2.01 | 2.07 | 2.09 | 2.12 | 2.11 |
| 1962 | 2.07 | 2.08 | 2.07 | 2.23 | 2.09 | 2.14 | 2.11 | 2.08 | 2.10 |
| 1963 | 2.07 | 2.07 | 2.07 | 2.23 | 1.90 | 2.00 | 2.12 | 1.97 | 2.04 |
| 1964 | 2.07 | 1.85 | 1.96 | 2.14 | 1.89 | 1.97 | 2.09 | 1.87 | 1.96 |
| 1965 | 2.04 | 1.91 | 1.99 | 2.15 | 1.82 | 1.91 | 2.06 | 1.86 | 1.96 |
| 1966 | 2.05 | 2.13 | 2.08 | 2.13 | 1.78 | 1.88 | 2.07 | 1.91 | 1.99 |
| 1967 | 2.03 | 1.98 | 2.01 | 2.10 | 1.76 | 1.86 | 2.05 | 1.85 | 1.95 |
| 1968 | 2.04 | 2.10 | 2.06 | 2.08 | 1.69 | 1.83 | 2.05 | 1.85 | 1.96 |
| 1969 | 2.04 | 2.19 | 2.09 | 2.07 | 1.53 | 1.70 | 2.05 | 1.78 | 1.91 |
| 1970 | 2.04 | 2.12 | 2.07 | 2.09 | 1.62 | 1.78 | 2.06 | 1.81 | 1.94 |
| 1971 | 2.03 | 2.12 | 2.06 | 2.09 | 1.63 | 1.78 | 2.04 | 1.81 | 1.93 |
| 1972 | 2.03 | 2.18 | 2.09 | 2.08 | 1.52 | 1.70 | 2.05 | 1.72 | 1.87 |
| 1973 | 2.03 | 2.18 | 2.08 | 2.05 | 1.61 | 1.75 | 2.04 | 1.79 | 1.91 |
| 1974 | 2.01 | 2.10 | 2.03 | 2.02 | 1.70 | 1.80 | 2.01 | 1.84 | 1.93 |
| 1975 | 1.98 | 2.28 | 2.08 | 2.12 | 1.94 | 2.01 | 2.03 | 2.06 | 2.04 |
| 1976 | 2.01 | 2.38 | 2.12 | 2.13 | 2.00 | 2.05 | 2.05 | 2.14 | 2.09 |
| 1977 | 1.96 | 2.34 | 2.08 | 2.14 | 1.89 | 1.99 | 2.03 | 2.05 | 2.04 |

生物生産系別漁獲量（Table 9：年次別，東西別，生産系別漁獲量表）ならびにこの漁獲量に対応する基礎生産量 （Table 10：年次別，東西別の漁獲物を通して利用した基礎生産），および漁獲物の平均食性段階（Table 11：年次別，東西別，生産系別漁獲物の栄養段階）を「漁業による基礎生産の利用」(多々良，1981）で示した方法によって計算した。

まず Fig. 12 には内海全域における漁獲重量とその漁獲物を通して利用したと推定された基礎生産量の関係を示した。全体として見ると長期的に明らかな相関関係が見られる。ただ1975～1977年の最近３年間は1951年以来の長期的な関係から外れている。これは後述するように内海全域，とくに西部水域におけるシリヤケイカなどの大発生に依るものである。漁獲量が約20万トンから約42万トンに増加した間に，利用した基礎生産の推定値は約1,500万トンから約3,000万トンに増大している。つまりこの間の漁獲努力の強化によって海域の生物生産の利用を高めたことが分る。

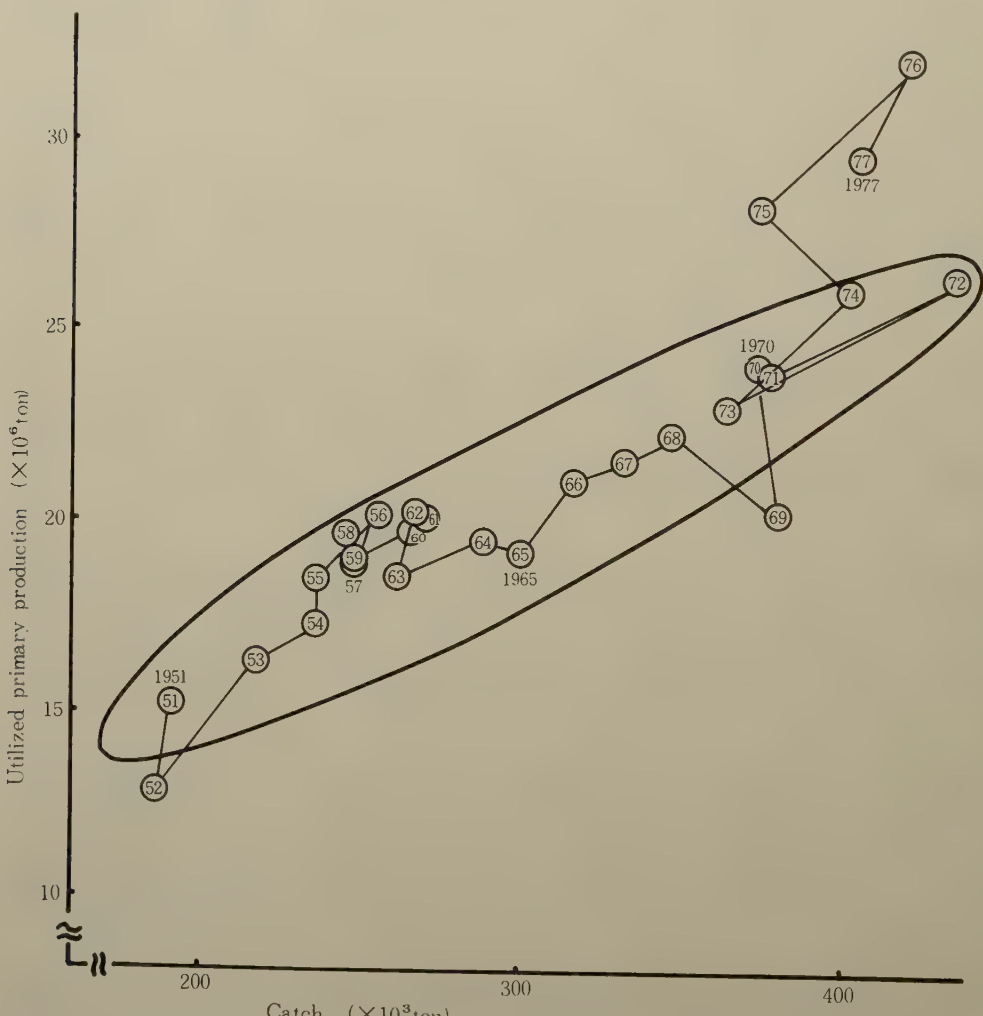



Fig. 12 Catch amounts and utilized primary productions by year.

この状況は東西漁場別・生産系別にも短期的な例外年を除いて，おおむね同じ様な傾向である。西部水域のベントス食系の場合は漁獲量の大きい増加（2.5倍）にも拘らず基礎生産の利用はそれほど増大していない（約1.3倍）。しかし，東部のベントス食系に部分的例外を見るほかは，漁獲量の増加とともに利用した基礎生産量も大きく増加した様である。

次に Fig. 13 には内海全域の漁獲量と平均的栄養段階との関係をプロットした。この場合には長期的には明らかな負の相関が見られ，1951年以来短期的な例外を除けば漁獲量の増大とともに平均栄養段階は低下している。ただこの場合も1975年以後の３ヶ年は長期的な関係より栄養段階が高い値となっている。

生産系別の状況も同様で，漁獲と栄養段階の関係は東西いずれの漁場又いずれの生産系においても同様な右さがりの傾向と見られる。つまり漁獲増に伴ない栄養段階は低下している。

これらの結果は，

① 漁獲努力の強化つまり獲り方によって漁獲量は相当大巾に変えうること。

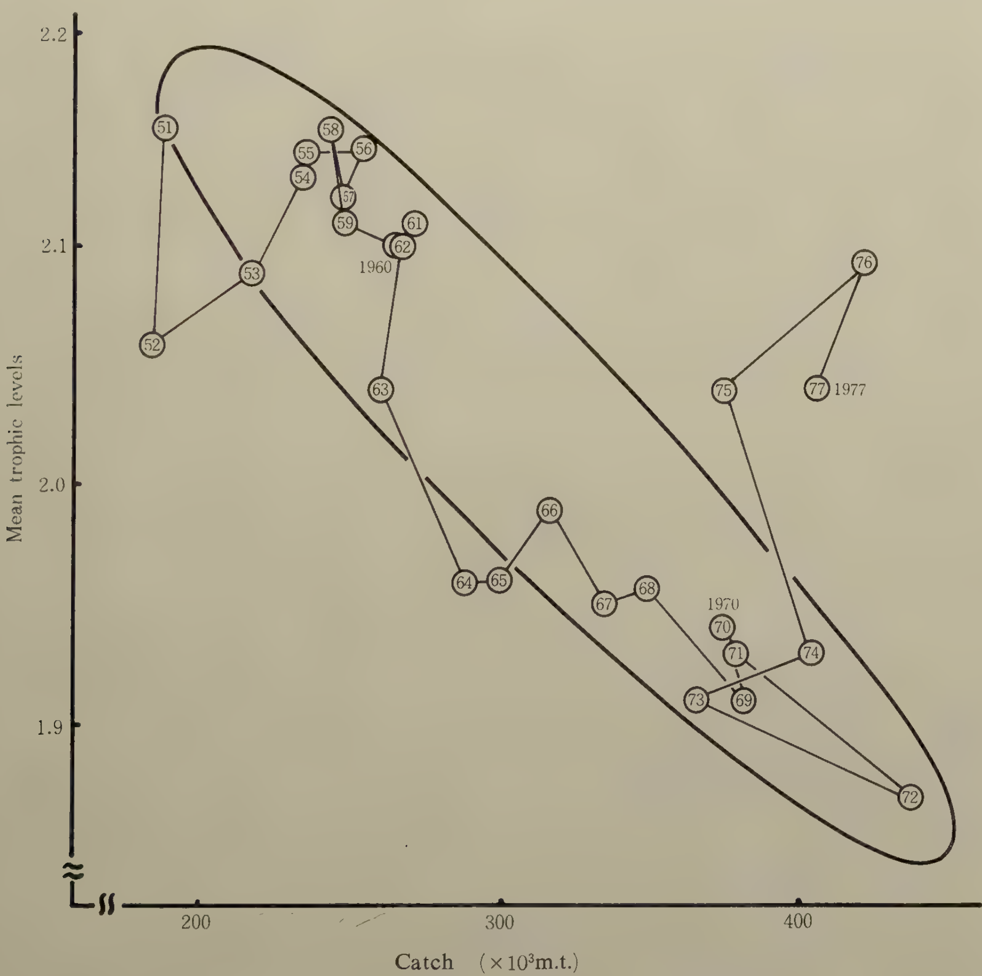



Fig. 13 Catch amounts and mean trophic levels.

② しかし同時に漁獲物の質的変化をもたらすことを示している。

しかも海面漁業の漁獲物では，一般には高級種と言われるものの栄養段階は高く，低価格種は栄養段階が低いから，生産額としてはこの質的変化は意味が大きい。

## 6. 議　　論

### 1） 瀬戸内海における漁業生産の検討

ア．内海・漁業における２大実験

内海・内湾漁場の典型である瀬戸内海は第２次大戦後に大きい変貌を余儀なくされた。それは沿岸の都市化・工業化によって，沿岸漁場環境の変化と，漁業自からの変質を示す過程と考えられるが，漁業生物学的に見ても次の２つの大規模実験を試みたと見ても良いであろう。即ち，半閉鎖的な内海・内湾漁場における

(i)富栄養化

(ii)徹底した漁獲（間引）強化

である。

もちろん瀬戸内海漁業と言った産業規模の変質が内容であるから，実験室的な意味での実験と呼ぶことには問題があろう。そして漁獲努力の強化と海域の富栄養化（施肥）が同時的に進行している点，また条件も計画的に設定された訳ではなくその再現性もない。しかし，漁船の高馬力化と大型化・漁具材質の革新などを中心に進められた近代化と，操業度を高めることによって，漁獲努力が年率ほぼ７％で急激に強化されたと推定される変化，そしてまた一部海域を赤潮の常習水域とした急激な漁場環境の変質とは，実験と呼ぶにふさわしいものであったと言えよう。今後このような変化が度々起るとは考え難く，少くともそのような意味で，漁業の変質をとらえて見る必要がある。

工業化による産業排水や都市化による生活排水の増加が原因である内海の富栄養化は，栄養塩類の継続的モニタリングによって明らかにされていると見てよい。その結果として内海の基礎生産量が如何程拡大したかについては，更に実証的な検討が行なわれて，施肥効果とも言うべき富栄養化と基礎生産の変化について明らかにされるであろう。

この時期に漁業資源がどの様に変わったかについての検討は容易ではない。富栄養化が進んだ時期には大阪湾などでカタクチイワシなどプランクトン食種資源が増大したと見られる証拠がある。しかし前述のようにこの時期カタクチイワシの脂肪含有量増加による「油イワシ」の出現や，需要減退によって漁業による利用も低下し，漁獲圧力は弱められた。プランクトン食種資源増大を海域の富栄養化だけと結びつけることは危険である。

しかし，内海漁業全体としてはこの約30年間に一貫して漁獲強度が高められたことは確かで，それによって漁獲の質量を変えてきたことも明らかである。特に漁獲の量的拡大は著しく，量的に見る限り瀬戸内海では「いくら獲ってもまだ獲れる」ように見えた時代であった。この事実は水域の生物生産性が獲り方次第で生産重量としては相当大巾に変わり得ることを示したものと考えられる。

### 2） 内海・内湾漁場における漁獲可能性

漁獲物の平均栄養段階と漁獲量の間には長期的に見た場合明らかな逆相関関係がある。漁獲努力を強化して漁獲量を増大しようとすると，量的には増加して，海域基礎生産の効率的利用の面では好ましい結果を期待できる。しかし，同時に低次栄養段階種の割合がふえて，漁獲物の平均的価格は低下する。

先に述べた Fig. 13 の漁獲量と食性段階の関係がどの程度に可逆的な関係であるかは分らない。生物学的に不明な点があると同時に漁業の管理の面でも難かしい問題があることは明らかである。

漁獲を量的に増大し得る限界は低次段階種資源の漁獲拡大可能性に依存する度合が大きい。しかし少くとも前述の関係は，量的拡大の努力によって，漁獲量を増加することが可能であったことを示している。ただ

同時に漁獲物の栄養段階の低下は避けがたい。

このような量的拡大によって海域生産力の可能性を引き出すためには，漁業生産活動に対する意識的な働きかけが必要で，成り行きまかせでは達成されない。生物生産力を如何に利用しようとするのか，その明確な方向と，そのための努力が必要である。栄養段階の高い嗜好品的な一部高級種を増産するにせよ，または蛋白生産量の増加を計る立場から多獲性種の増産を計るにせよ，その目標を明確にし，政策的な措置が執られなければならない。

ここで重要なことは漁業の経営安定を如何に確保するかである。海域の生産力を具体的に収獲化するのは漁家の経営努力であるから，その経営基盤の安定はキーポイントとなる。いま仮りに魚介類蛋白の供給拡大が「目標」となったとしよう。イワシ類等多獲性種を利用する漁業種類の経営安定のために積極的な措置が執られなければならない。この様な努力によってのみ，漁獲増の目標が達成されるだろう。しかし，例えば瀬戸内海における漁獲量を現状の40万トンから60万トンへ50%の増加を計るとすれば，平均栄養段階は約1.9から1.7へほぼ0.2低下すると予測しなければならない。同様に栄養段階の高い高級種増産のためには，またそれなりの措置が必要である。

### 3) 大量発生資源の利用

更に内海・内湾浅海における漁業生産力としては，近年多発する傾向にある大発生種の利用も重要である。かつては異常発生と言われる貝類の大量発生があっても，商品価値が低くて漁獲対象とならなかったり，漁獲能力不足などのため，その利用が充分でなかった場合が多い。しかし近年は内海西部のアサリ・モガイ・トリガイなどの貝類やシリヤケイカのように高い商品価値を持つものが多くなり，しかも頻度が多くなっている。またその利用が進み，漁獲量を増大させた。貝類やシリヤケイカのようにベントス食系種の大量発生に起因する場合が多いが，カタクチイワシ等プランクトン食種の発生も年々大きく変動する。これらは単年生種又は2年と言った短命種で低次栄養段階種の場合が多い。

これらの大量発生は，その因果関係を充分把握していない現状では内海・内湾生産のプラスアルファー部分である。しかし Fig. 12 や Fig. 13 に見る1975～1977年のシリヤケイカを主とする漁獲増のように，浅海生産力の効率的利用の面では重要な意味をもっているだろう。しかも，今後その発生状況のモニタリングと機動的な行政措置を実施することによって，これらの大量発生種を内海内湾漁場の有用資源として活用することは現在の技術においても実施可能である。

今日まで，漁業資源の研究の主要な問題は，生物学又は生物社会学的な完成（研究成果）に止まっていた憾みがある。しかし，資源研究成果が如何によりよく漁業管理に利用されるかが問題であり，真に目標とさるべきものの1つは，生物社会学に止まらず社会生物学的な発想とその完成（行政施策化）でなければならない。資源研究と行政施策の systematic な連携が必要とされる所以である。

瀬戸内海漁業資源の資源状態は，前述のように，浮魚類資源にはとくに悪化しているものはなく，イワシ類など多獲性種資源にはまだ余裕がある，資源状態の悪化しているのは主として中・高級底魚類である。従って，多獲性浮魚類や大発生する貝類などについては積極的に利用の拡大を計るべきである。一方中高級底魚類等については栽培漁業事業など資源培養諸施策の実施とあわせて，合理的に漁獲する資源管理型漁業化の推進を考えなければならない。それによって内海・内湾生物の生産力を一層効率的に利用することが可能となるであろう。

## 参考文献

相川広秋，1961：いわしの話．内田老鶴圃．

中国・四国農政局，1963～1977：瀬戸内海漁業灘別統計表．

中国地方建設局，1975：瀬戸内海要覧．

中国新聞社，1960：瀬戸内海．上・下．

福田嘉男，1974：資源研究の方法．ＧＳＫ会議報．

福田嘉男ほか，1974：日本周辺における漁業生産可能量について．水産庁．

福田嘉男ほか，1961：瀬戸内海における小型底曳漁業資源についての覚え書き．内水研資料．

外間源治，1980：いわしあぐり網漁業の歴史的経過と現状について．内海漁業研究会報．

林　知夫，1969：内海における資源管理．日水誌，**35**(６)．

林　　功，1979：トリ貝の異常斃死による生産阻害の回復対策事業効果調査について．内海漁業研究会報．

林　凱夫，1978：大阪湾の小型底びき網漁業について．同誌．

原　健一，1978：山口県内海における小型底びき網の漁獲量と漁場．同誌．

花渕信夫，1980：油谷湾におけるマダイ幼魚の分布．西水研報，（54），79〜91．

桧山節久，1980：トラフグの資源管理について．内海漁業研究会報．

平田貞郎・溝上昭男，1981：架橋予定水域およびその周辺水域における魚卵・稚仔の分布（尾道〜今治ルート）．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．

日野淑美・渡辺健一，1981：架橋周辺域の重要魚種資源生態調査．同誌），（29），日水資保護協会．

長谷川彰，1976：水産食糧問題における経済・社会的要因について．食糧自給力の技術的展望．農林統計協会．

市原忠義ほか，1981：鳴門海峡における重要魚類の移動回遊追跡調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．

猪子嘉生・川西正衛ほか，1979：放流ガザミの漁獲回収とその資源解析．内海漁業研究会報．

猪子嘉生ほか，1978：マダイ幼魚の漁獲状況．南西水研ブロック会議タイ類技術部会．

猪子嘉生，1980：安芸灘におけるメイタガレイの年令と生長．内海漁業研究会報．

石岡清英，1979：資源量推定の考え方について—大阪湾のシャコを例として—．同誌．

伊東　弘・国行一正，1979：灘別統計からみたマダイ幼魚漁獲量の経年変動．同誌．

岩井昌三・森脇胖二，1981：明石海峡及びその周辺海域における重要水族の資源生態調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．

———・———，1981：明石海峡及びその周辺海域における「マダイ」について．同誌，（29），日水資保護協会．

———・———，1981：明石海峡及びその周辺海域における「アイナメ」について．同誌，（29），日水資保護協会．

———・———，1981，鳴門海峡南北海域スズキ等の資源生態調査．同誌，（29），日水資保護協会．

国行一正・伊東　弘・矢野　実，1981：架橋予定域およびその周辺水域におけるトラフグ（*Fugu rubripes rubripes* Temmincketschlegl）の資源生態．同誌，（29），日水資保護協会．

上城義信，1980：伊予灘西部海域における小型底びき網漁業の漁獲物の経年変化について（昭和47〜54）．内海漁業研究会報．

———，1981：伊予灘西部における小型底びき網漁業の漁獲物の経年変化．内海漁業研究会報告．南西水研．

河井智康，1976：海洋法と漁業資源．食糧自給力の技術的展望，農林統計協会．

松村眞作・唐川純一・寺嶋朴，1981：架橋予定海域における魚卵・稚仔魚の出現と分布（児島坂出ルート）．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．

村上彰男，1977：沿岸の汚染．築地書館．

溝上昭男・高場　稔・猪子嘉生，1981：架橋予定水域およびその周辺水域におけるマダイ幼魚の漁業資源生

態調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．
長崎福三，1969：北大西洋の漁業資源管理．日水資保護協会，漁政叢書．
―――，1971：開放海面の資源涵養．海洋科学，6．
―――，1974：資源の利用と涵養．海洋学構座，資源生物論，東大出版会．
―――，1980：資源管理型漁業について．沿岸編，全漁連．
内藤一郎・上田和夫，1972：瀬戸内海における水産業の展開．漁業資源研究会議報，（13）．
日本水産資源保護協会，1980：水生生物生態資料．日水資保護協会．
―――――――，1970～1979：本四連絡架橋漁業影響調査報告．（1）～（20）．
農林省，1951～1978：農林省農林経済局統計情報部．漁業養殖生産統計年報．
農林水産技術会議，1980：資源培養方式開発のための沿岸域における若令期タイ類補給機構に関する研究．研究成果．（129），
大滝英夫・庄島悦子，1977：資源の減少に伴うキグチ分布域の縮小について．西水研報，（51），111～122.
阪本俊雄，1981：マダイ，タチウオ等内外海交流種に対する架橋の影響調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．
斉藤雄之助・倉田　博ほか，1978：沿岸海域藻場調査報告書（1，2），南西水研ほか．
瀬戸内海漁業調整事務所，1971～1980：瀬戸内海の赤潮．瀬戸内海漁調事所．
瀬戸内海水産開発協議会，1958・1963：瀬戸内海の水産統計資料．瀬戸内海漁業調整事務局．
沢田茂樹，1981：架橋予定域（来島海峡）付近における一本釣漁業実態調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．
高尾亀次，1978：多獲性浮魚類の再生産機構について（瀬戸内海東部域におけるカタクチイワシの再生産）．内海漁業研究会報．
武田晃一，1979：愛媛県（瀬戸内海水域）の小型底曳漁業について．同誌．
多々良薫，1981：基礎生産と漁獲量との関係，漁業による基礎生産の利用．本誌，（13），111～133.
―――，1972：瀬戸内海における漁業資源と漁業の展望．南西水研調査報告（1）．
塚原　博，1977：海面埋立てと環境変化（生物的環境の変化）．恒星社厚生閣．
殿谷次郎・中村和夫ほか：架橋周辺域のマダイ（未成魚）分布生態調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．
上田和夫・岸田　達，1981：架橋予定水域およびその周辺水域における重要魚類稚仔魚の分布生態調査．（尾道～今治ルート），同誌，（29），日水資保護協会．
渡里　登，1979：香川県下のカタクチイワシ漁業．内海漁業研究会報．
渡里　登・真鍋寛定ほか，1981：播磨灘における定置網漁業の漁獲物の実態調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．
矢野　実ほか，1971：実験漁場における生態とその資源の動態に関する研究，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究（昭和45年度別枠研究成果）．
山口・福岡・大分県，1975：西瀬戸地域漁業調査報告書．昭和46～49年度，pp. 1～245.
吉田俊一，1981：大阪湾におけるタチウオの資源生態調査．本四架橋漁業影響調査報，（29），日水資保護協会．

## ホルマリン固定によるマダイ卵稚仔の収縮について

福 原 修

1978年9月22日受理，南西海区水産研究所業績第79号
水産増殖第27巻3号，129～136頁（1979）に掲載

### 抄 録

ホルマリン固定によるマダイ卵稚仔の収縮は，卵では大きな変化がないのに対し，仔魚は15％前後，稚魚は1～10％程度認められた。

固定液の濃度と固定期間によるマダイ標本の収縮を明らかにするため3％，5％，10％の濃度で卵および体長2.0～48.0㎜の標本を供試した。1ヶ月間隔で6ヶ月計測し，固定1ヶ月間が収縮が大きい。そしてホルマリン濃度のちがいによる収縮率に顕著な差は認められなかった。

## 海産魚のストレス反応に関する研究—I. 温度変化によるストレス反応

石 岡 宏 子

1978年7月1日受理，南西海区水産研究所業績第87号
日本水産学会誌第46巻5号，523～531頁（1980）に掲載

### 抄 録

海産養殖魚に関して，環境要因変化や取り扱い方法が魚体に与える影響を知るために，温度変化により起こるストレス反応を血液学的レベルでマダイを用い研究した。温度上昇刺激はヘモグロビン量，ヘマトクリット値，グルコース量，コーチゾール上昇をひき起し，温度低下刺激は，ヘモグロビン量やヘマトクリット値の下降，グルコース量やコーチゾールの上昇をひき起こした。これらの反応をまとめて，血液性状に表われる変化を，Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳの相に分類した。

## 沿岸域の底泥における有機物の無機化について

山 田 久・村 上 彰 男・鹿 山 光

1979年12月10日受理，南西海区水産研究所業績第99号
日本水産学会誌第47巻2号，171～177頁（1981）に掲載

### 抄 録

浅海域の底泥は海域における微生物活動の重要な場所であると考えられてきたが，詳細な検討はなされて

いない。本報では，大阪湾，燧灘，別府湾で採取した底泥の従属栄養細菌数，無機化活性，IL, C, N, C/N 比などの測定を行った。その結果，従属栄養細菌数，無機化活性は底泥の C/N 比が小さくて未分解有機物に富む大阪湾，燧灘が別府湾より大きいという結果を得た。無機化活性は泥柱の表面で高く，深層で著しく低下する。底泥表面と底泥上の水柱の無機化速度を比較して，浅海域では有機物の無機化に占める底泥の役割が大きいことがわかった。

# 急激な塩分変化がマダイの血液性状におよぼす影響

石　岡　宏　子

1980年５月12日受理，南西海区水産研究所業績第100号
日本水産学会誌第46巻11号，1323～1331頁（1980）に掲載

## 抄　　　録

海産魚のストレス反応を明らかにするために，塩分変化刺激を与えた時のマダイの血液成分の変動を調べた。急激な塩分上昇時には，高血糖，血中ナトリウム，クロライド，コーチゾールの上昇が，急激な塩分低下時には，高血糖，コーチゾール，ヘマトクリット値の上昇およびナトリウム，クロライドの低下が認められた。これらの分析値を用いて，海産魚のストレス状態の分類を試みた。

BULLETIN OF THE NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

is issued each year with one or two Numbers. All communications relating to this Journal should be addressed to Director.

Exchange of publication will be highly appreciated.

Address

The Nansei Regional Fisheries Research Laboratory
Director & Administrative Sections
Inland Sea Fishery Resources Research Division
Aquaculture Research Division
Red-tide Research Division
7782-9 Maruishi Ono-cho, Saeki-gun
Hiroshima Pref., 739-04, Japan

Offshore Fishery Resources Research Division
Oceanographic Research Division
6-1-21 Sanbashi-dori, Kochi, 780, Japan

〔非売品〕

昭和56年3月20日 印 刷　　昭和56年3月25日 発 行

広島県佐伯郡大野町丸石7782－9

発行者　南西海区水産研究所
桑谷幸正

印刷所　株式会社 中本本店印刷

## Contents



## Abstracts